வருணனை வானியல்

[DESCRIPTIVE ASTRONOMY]

(பட்டப்படிப்பிற்குரியது)

கு. இராசகோபாலன், எம்.ஏ., எல்.டி.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

த.பா.நி. (க,வெ.) வரிசை எண்—868

வருணனை வானியல்

(பட்டப் படிப்பிற்குரியது)

ஆசிரியர்

கு. இராசகோபாலன், எம்.ஏ., எல்.டி.

ஓய்வு பெற்ற முதல்வர்

தியாகராயர் கல்லூரி, சென்னை.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition— August, 1[illegible]
Number of Copies—1000

T.N.T.B.S. (C.P.) No. 868

© Government of Tamilnadu

DESCRIPTIVE ASTRONOMY

K. RAJAGOPALAN

Price Rs. 27.65

Published by the Tamilnadu Textbook Society under the centrally Sponsored Scheme of production of books and literature in regional languages at the University level, of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), New Delhi.

This book has been printed on concessional paper made available by the Government of India.

Printed by :

Nabs Traders,

Madras - 600 001.

அணிந்துரை

(திரு. செ. அரங்கநாயகம், தமிழகக் கல்வி அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கி இருபது ஆண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் இளங் கலை வகுப்புவரை மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத் தையும் தமிழிலேயே கற்றுவந்தனர். 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து அறிவியல் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம் பிற பல துறைகளில் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித்தர முன்வந்துள்ள நூலாசிரியர் களின் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மன நிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்று வருகிறது. இவ்வகையில் கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்களுக்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைக் காமராசர் பல்கலைக்கழகமும் சென்னைப் பல்கலைக் கழகமும் ஆண்டுதோறும் எடுத்துவரும் பெருமுயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்லவேண்டும்.

அரசியல், இயற்பியல், உளவியல், கணிதவியல், கல்வியியல், சட்டவியல், தாவரவியல், புவியியல், புள்ளியியல், பொருளியல், பொறியியல், மருத்துவவியல், மெய்ப்பொருளியல், வணிகவியல், வரலாற்றியல், வானியல், விலங்கியல், வேதியியல் முதலிய பல துறைகளிலும் மூலநூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்று இருவகையிலும் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் நூல்களை வெளியிட்டு வருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான வருணனை வானியல் என்னும் இந் நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் 868 ஆவது வெளியீடாகும். கல்லூரித் தமிழ்க் குழுவின் சார்பில் வெளியான 35 நூல்களையும் சேர்த்து இதுவரை 903 நூல்கள் வெளி வந்துள்ளன. இந் நூல் மைய அரசு, கல்வி, சமூக நல அமைச்சகத் தின், 'மாநில மொழியில் பல்கலைக் கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்'தின் கீழ் வெளியிடப்படுகிறது.

தமிழில் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம்பெற வேண்டும் என்பதே நம் குறிக்கோளாகும். கல்லூரிகளிலும், பல்கலைக்கழகங்களிலும் கலையியற் பாடங் களையும், அறிவியற் பாடங்களையும், தொழில் நுட்ப அறிவுப் பாடங்களையும் பயிலுகின்ற மாணவர்கள் அவற்றைத் தமிழில் பயிலவேண்டும் என்பதை வலியுறுத்தி வருவதற்குக் காரணம், தமிழறிவு வளரவேண்டும் என்பதைவிட, தமிழ் மக்களின் அறிவு ஆற்றல் எளிதாக, விரைவாக வளரவேண்டும் என்பதுதான். 'எதிலும் தமிழ்; எங்கும் தமிழ்' என்னும் குறிக்கோளை நிறை வேற்ற வேண்டிய கடப்பாடு தமிழக ஆசிரியப் பெருமக்களையும் மாணவர்களையும் சார்ந்ததாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் பல்வகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம் கலந்த நன்றி உரியதாகுக!

செ. அரங்கநாயகம்

பொருளடக்கம்

			பக்கம்
1.	தோற்றுவாய்	...	1
2.	சூரியன்	...	7
3.	கோள்கள் (பொது)	...	15
4.	கோள்கள் (சிறப்பு வருணனை)	...	25
5.	உட்கோள்களின் இயக்கமும், பிறைகளும் புறக்கோள்களின் விலக்கமும், பிறைகளும்	...	69
6.	வால் நட்சத்திரங்கள், எரிமீன்கள், எரிகற்கள்	...	86
7.	நட்சத்திரங்கள், நட்சத்திர மண்டலங்கள், அண்டங்கள்	...	97
8.	ரேடியோ வானியல்	...	155
9.	கோள திரிகோண கணிதம்	...	160
10.	பூமியைப்பற்றிய சில விவரங்கள்	...	176
11.	வானக் கோளம்	...	180
12.	வான ஆயத்தொலைகள்	...	191
13.	பூமியில் பல மண்டலங்களில் பகல், இரவுப் பொழுதுகளின் மாறுதல்கள்	...	224
14.	மெல்லொளி	...	239
15.	அடிவானத் தாழ்வு	...	248
16.	வான ஒளிக்கதிர்க் கோட்டம்	...	254
17.	புவிமையத் தோற்றப் பிழை	...	268
18.	சூரியனின் மையத் தோற்றப் பிழை—ஆண்டுத் தோற்றப் பிழை	...	279

19. ஒளிப்பிறழ்ச்சி ... 287

20. சம இரவுப் புள்ளிகளின் பின்னகர்ச்சி, அச்சசைவு ... 299

21. கெப்ளர் விதிகள் ... 307

22. காலக் குறைநிறைச் சமன்பாடு ... 327

23. காலக் கணிப்பு முறை — பஞ்சாங்கம் நேரமாற்றம் ... 346

24. பூமியின் குறிப்பிட்ட ஓர் இடத்தின் அகலாங்கு காணல் ... 368

25. உச்சிவட்டம் காணல், ஊர்ப்பொழுது காணல் —ஓர் இடத்தின் நெட்டாங்கு காணல் ... 375

26. சந்திரன் ... 391

27. கிரகணங்கள் ... 413

பின்னிணைப்பு

சந்திரன்—முக்கிய விவரங்கள் ... 447

சூரியன்—முக்கிய விவரங்கள் ... 447

பூமி—முக்கிய விவரங்கள் ... 448

சில புள்ளிவிவரங்கள் ... 449

மாலுமிப் பஞ்சாங்கம் ... 450

கோள்களைப் பற்றிய விவரங்கள் ... 451

நட்சத்திரங்களின் அட்டவணை ... 454

மிக்க ஒளி வீசும் நட்சத்திரங்களும், அவை இருக்கும் மீன் மண்டலங்களும் ... 459

கலைச்சொற்கள் ... 461

1. தோற்றுவாய்

வான ஆராய்ச்சியின் வரலாறு

மனிதன் முதலில் ஆராயத்தொடங்கியது வானத்தில்காணப் படும் நிகழ்ச்சிகளையே எனக் கூறலாம். சுமார் ஆறாயிரம் ஆண்டுகளுக்கு மேலாக எத்தனையோ அறிஞர்கள் வானத்தில் காணும் இயற்கை நிகழ்ச்சிகளை ஊன்றிக் கவனித்து, அவற் றிடையே நிலவும் விதிகளை அறிந்திடவும், அவற்றிற்குத் தக்க காரணம் கற்பிக்கவும் முயன்றனர்.

தாலமியின் கொள்கை: வானத்தில் சூரியனும் மற்ற நட்சத் திரங்களும் கிழக்கே உதித்து மேற்கில் மறைவதுபோல நமக்குத் தோன்றுகிறது. ஆகவே பூமியைச் சுற்றிச் சூரியனும், மற்றக் கோள்களும் (Planets), நட்சத்திரங்களும் ஓடிக்கொண்டிருப்ப தாக நெடுநாள்வரை கருதப்பட்டது. இக் கொள்கைக்குத் தாலமியின் (Ptolemy) கொள்கை எனப் பெயர்.

கோபர்நிகஸ்: தாலமியின் கருத்துத் தவறு என்று முதலில் கூறியவர் 'கோபர்நிகஸ்' என்னும் போலந்து (Poland) நாட்டு விஞ்ஞானி ஆவார். இவர் பிறந்தது 1473ஆம் ஆண்டில். இவர் சூரியனைச் சுற்றியே பூமியும் மற்றக் கோள்களும் ஓடிவருகின்றன என முதலில் எடுத்துக்கூறினார். சுமார் நாற்பது ஆண்டுகள் வான ஆராய்ச்சிகளை நடத்தி இக் கொள்கையை வெளியிட்டார். இவருடைய முறை பெரும்பாலும் கணக்கியலாகவே இருந்தது. ஆனால் அக் காலத்தில் தாலமியின் கருத்துக்கு ஆதரவு அதிகம் இருந்ததால், அது தவறு என்று சொல்ல அறிஞர்கள் அஞ்சினர். ஆனால், கோபர்நிகஸ் துணிச்சலுடன் சூரியனைச் சுற்றியே பூமியும் மற்றக் கோள்களும் ஓடிவருகின்றன என்று கூறினார். இவரை எல்லோரும் ஏளனம் செய்தனர். இவரது புதிய கருத் துக்கு ஆதரவு கிடைக்கவில்லை.

டைகோ பிராஹி (1541-1601) : டைகோ பிராஹி (Tycho Brahe) என்னும் ஸ்வீடன் நாட்டு விஞ்ஞானி, தாமே நிர்மாணித்த கருவிகள் மூலம் கோள்களின் இயக்கத்தை இருபது ஆண்டுகளுக்கு மேல் சோதித்து அநேக விவரங்களைச் சேகரித்தார். இவர் தோன்றியிராவிடில் கோபர்நிகஸினால் பெறப்பட்ட முடிவுகள் பரிசோதனையினால் நிரூபிக்கப்படாமலேயே இருந்திருக்கும். அந் நாளில் தொலைநோக்கி (Telescope) கண்டுபிடிக்கப்பட வில்லை. ஆயினும் இவர் வியக்கத்தக்க வகையில் தம் ஆராய்ச்சி களைச் சலியா உழைப்புடன் நடத்திவந்தார்.

கெப்ளர் (1571-1630) : 'பிரேக்' (Prague) என்னும் இடத்தில் ஆராய்ச்சிகளை நடத்திவரும்போது டைகோ பிராஹிக்குத் துணை யாகக் கெப்ளர் (Kepler) என்னும் விஞ்ஞானி வந்துசேர்ந்தார். டைகோ பிராஹி இறக்கும் தறுவாயில் அதுவரை தாம் சேகரித்து வைத்திருந்த முடிவுகளைக் கெப்ளரிடம் ஒப்படைத்தார். இவ் விவரங்களை நன்கு பரிசீலனைசெய்து கோள்களின் இயக்கத் துக்கு உண்டான இவரது பிரசித்திபெற்ற மூன்று விதிகளைக் கண்டுபிடித்தார். ஆனால், இவ் விதிகள் சூரியனைச் சுற்றியே கோள்கள் வருவதாகக் கொண்டு பெறப்பட்டன. 'இவர் எவ்வாறு சூரியனைச் சுற்றி எல்லாக் கோள்களும் ஓடிவருகின்றன என்று கூறலாம்' என்று ரோமாபுரிக் கிறித்தவப் பாதிரிமார்கள் கெப்ளரைத் தாக்கினார்கள். இவர் புத்தகங்களையும் கைப் பற்றிப் பறிமுதல் செய்துவிட்டார்கள்.

கலீலியோ (1564-1642): கெப்ளருக்குப் பின் வானசாத்திர ஆராய்ச்சியில் புகழ் அடைந்தவர், இற்றைக்குச் சுமார் மூன்றரை நூற்றாண்டுகளுக்கு முன்னால் வசித்த கலீலியோ (Galileo) என்னும் இத்தாலி நாட்டைச் சேர்ந்த விஞ்ஞானி. இவர் கணிதப் பேராசிரியராகப் பணியாற்றி வந்தார். இவர் தொலைநோக் கியை (Telescope) நிர்மாணித்து வானசாத்திர ஆராய்ச்சியிலேயே ஒரு புதுச் சகாப்தத்தை உண்டாக்கியவர். சந்திரனின் மேற் பரப்பு வழவழப்பின்றிக் கரடு முரடாகத் தோன்றுவதையும், குரு (Jupiter) என்னும் கிரகத்திற்கும் பூமியைப்போல் உபகிரகங்கள் இருப்பதையும், சுக்கிரன் சந்திரனைப்போல் வளர்பிறை, தேய் பிறைக் காட்சிகளுடன் தோன்றுவதையும் இவர் தொலைநோக்கி யின் உதவியால் எடுத்துக்காட்டினார். மேலும் சூரியனில் கரும் புள்ளிகள் (Sun spots) தோன்றுவதையும் கலீலியோ காண்பித் தார். இவர் செய்த சோதனைகள் காரணமாகப் புரட்சிகரமான முடிவுகளை வெளியிட்டார். சூரியனுக்கும் சந்திரனுக்கும் களங் கங்களைக் கற்பிக்கும் இவர் ஒரு மதவிரோதி என்று குற்றஞ்

சாட்டப்பட்டு விசாரணை மன்றத்துக்கு அனுப்பப்பட்டார். அப்போது இவருக்கு வயது எழுபது; உடல்நலம் வேறு சரியில்லை. இவரைத் துன்புறுத்தியதனால், நீதிமன்றத்தில் தாம் எழுதியவை எல்லாம் தவறு என்று இவர் ஒப்புக்கொண்டு மன்னிப்புக்கேட்கும் நிலை ஏற்பட்டது. ஆயினும் இவர் மன்னிப்புக் கையெழுத்திட்டவுடன் 'Eppur si muove' அது எனினும் நகருகிறது எனக் கூறினார்.

எட்மண்ட் ஹாலி : இவருக்குப் பின் எட்மண்ட் ஹாலி (Edmund Halley) என்னும் ஒரு தனவந்தர் வானசாத்திர ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்டிருந்தார். இவரது பெயரால் ஒரு வால் நட்சத்திரம் (Comet) இன்றும் அழைக்கப்பட்டு வருகிறது. இந்த வால்நட்சத்திரத்தைப் பற்றிய விவரங்களை ஆராய்ந்து அது 75 ஆண்டுகளுக்கு ஒரு முறை தோன்றிவரவேண்டும் என்று ஹாலி கூறினார். இது பின்னர் நிரூபிக்கப்பட்டது.

வில்லியம் ஹெர்ஷல் : இவர்களுக்குப்பின் வானசாத்திர ஆராய்ச்சியில் பெரும் புகழ் அடைந்தவர் வில்லியம் ஹெர்ஷல் (William Herchel) என்னும் ஜெர்மனி நாட்டைச்சேர்ந்த விஞ்ஞானியாவார். இவரும் இவருடைய சகோதரியும் வானசாத்திர ஆராய்ச்சி செய்வதற்கென்று இங்கிலாந்துக்கு வந்தார்கள். ஆராய்ச்சிகளைத் தொடங்கிய சிறிது காலத்திற்குள்ளேயே இவர் யுரேனஸ் (Uranus) என்னும் ஒரு நூதனகிரகம் இருப்பதைக் கண்டுபிடித்தார். இதன் காரணமாக இவர் புகழ் உலகெங்கும் சீக்கிரத்திலேயே பரவியது. இவருடைய வானசாத்திர ஆராய்ச்சி பலதரப்பட்டவை. குருவைப்போல் சனிக்கிரகத்திற்கும் உபகிர கங்கள் இருப்பதை இவர்தாம் முதலில் காட்டினார். சூரியனும் மற்ற நட்சத்திரங்களைப்போல் ஒரு நட்சத்திரம் என்றும், அது அதன் கிரகங்களுடன் 'வேகா' (Vega) என்னும் நட்சத்திரத்தை நோக்கி இயங்கிக் கொண்டிருக்கிறது என்றும் முதன் முதலில் காட்டிய பெருமை இவரையே சார்ந்ததாகும். மேலும் நட்சத்திரங்களில் இரட்டை நட்சத்திரங்கள் (Binary stars) என்று ஒருவகை இருப்பதையும் இவரே முதலில் கண்டுபிடித்து வெளியிட்டார்.

ஜான் ஹெர்ஷல் : இவருக்குப் பின் இவருடைய சகோதரியும் இவருடைய மகன் ஜான் ஹெர்ஷல் (John Herchel) என்பவரும் இவரது ஆராய்ச்சிகளைத் தொடர்ந்து நடத்திவந்தார்கள். வானசாத்திரத்தில் 'நெபுலங்கள்' (Nebulae) பற்றி இவரது ஆராய்ச்சிகள் இவருக்கு அழியாப் புகழைத் தந்தன.

பிரான்ஹோபர் (Fraunhofer) : வானசாத்திர ஆராய்ச்சியில் ஒரு பெரிய மாறுதலைச் செய்தவர் பிரான்ஹோபர் என்னும் ஜெர்மனி தேசத்து மற்றொரு விஞ்ஞானி ஆவார். இவர் வான சாத்திர ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட ஆரம்பித்தவுடன் சிறந்த தொலைநோக்கி ஒன்றை நிர்மாணித்தார். இத் தொலைநோக்கி பூமிச் சுழற்சியுடன் ஒத்து இயங்குமாறு செய்யப்பட்டிருந்தது. இதன் பயனாக வானத்தில் உள்ள பொருள்கள் தொலைநோக்கி மூலம் எப்பொழுதும் தோன்றுவது சாத்தியமாயிற்று. இவர் ‘கிரேட்டிங்’ (Grating) என்னும் சாதனத்தை நிர்மாணித்து, வானத்திலுள்ள பொருள்களின் ஒளியைச் சோதிக்க வழியைக் கண்டுபிடித்தார்.

வான ஆராய்ச்சிக் கருவிகள் : வானசாத்திர ஆராய்ச்சிக்குப் பயன்படும் கருவிகளில் தொலைநோக்கி (Telescope), படம் பிடிக்கும் கருவி, நிறமாலைமானி (Spectrometer) ஆகியவை இன்றியமையாதவை.

(i) தொலைநோக்கி (அ) ஒளி விலகுமுறைத் தொலைநோக்கி : படிவம் விரிந்து தோன்றுவதற்குப் பயன்படும் தொலைநோக்கி ‘ஒளி விலகுமுறைத் தொலைநோக்கி’ (Refracting Telescope) எனப்படும். இவ்விதத் தொலைநோக்கிகளில் மிகப் பெரியது அமெரிக்காவில் ‘எர்க்ஸ்’ (Yerkes) என்னும் இடத்தில் இருக்கிறது.

(ஆ) மீட்டொளித் தொலைநோக்கி: வானத்தில் உள்ள நட்சத்திரங்களின் பிரகாசத்தை அதிகப்படுத்திக் காண்பிக்கும் சக்தி வாய்ந்த தொலைநோக்கி ‘மீட்டொளித் தொலைநோக்கி’ அல்லது ‘ஒளி பிரதிபலன் தொலைநோக்கி’ (Reflecting Telescope) எனப்படும். உலகிலுள்ள ‘மீட்டொளித் தொலைநோக்கிகளில் மிகவும் பெரியது அமெரிக்காவில் மௌன்ட் வில்ஸன் (Mount Wilson) என்னும் இடத்தில் உள்ள வான ஆராய்ச்சி நிலையத்தில் இருக்கிறது.

(ii) படம் பிடிக்கும் கருவி : கண்களினால் சலியாமல் பார்த்து விவரங்களைச் சேகரிக்கும் சிரமமான முறையை விட்டுவிட்டு, படம் பிடிக்கும் கருவி முறையைப் பயன்படுத்திச் சாவதானமாக விவரங்களைச் சேகரிக்கலானார்கள். மிக மிகச் சக்திவாய்ந்த பெரிய தொலைநோக்கி வழியே பார்த்தாலும், வானத்தில் உள்ள எல்லா நட்சத்திரங்களையும் நாம் காணமுடியாது. தொலைநோக்கியுடன் ஒரு காமிராவை இணைத்துப் படம் பிடித்தால் கண்ணுக்குத் தெரியாமல் இருக்கும் நட்சத்திரங்களையும் படத்

தில் காணமுடிகிறது. படம் பிடிக்கும்போது அந்தத் தொலை நோக்கி எப்பொழுதும் வானத்தின் ஒரே பகுதியையே நோக்கி இருக்கும்படி செய்யவேண்டும். இப்படிச் செய்யக்கூடிய இயந்திரத் தின் பயனால் இலட்சக்கணக்கான நட்சத்திரங்களைப் படம் பிடித்திருக்கிறார்கள். நமது கண்ணின் திறமையை இந்தப் படம் பிடிக்கும் சாதனம் பன்மடங்கு பெருக்கிவிட்டது.

(iii) நிறமாலைமானி (Spectrometer): வான ஆராய்ச்சிக்கு இன்றியமையாத மற்றொரு கருவி 'நிறமாலைமானி' (Spectrometer) எனப்படும். சாதாரணமாக நிறமாலையில் ஒரு நிறம் எங்கே முடிவடைந்து மற்றொரு நிறம் எங்கே தொடங்குகிறது என்பதைத் திட்டமாகக் கூறமுடியாது. இவ்வாறு இல்லாமல் ஒவ்வொரு நிற ஒளியும் வரம்புடன் இருக்குமாறு செய்யும் கருவி தான் 'நிறமாலைமானி' (Spectrometer) என்னும் கருவி. நிறமாலையில் தோன்றும் கோடுகளைக் கொண்டு அவற்றைத் தோற்றுவிக்கும் தாதுப் பொருள்களை ஊகித்துவிடலாம்.

(iv) போட்டோமீட்டர் (Photometer): போட்டோமீட்டர் என்னும் கருவியைக் கொண்டு நிறமாலைமானியின் ஒவ்வொரு பகுதியில் விழும் ஒளியின் பிரகாசத்தையும் திருத்தமாக அளவிட்டு அறியலாம்.

(v) போலோமீட்டர் (Bolometer): போலோமீட்டர் என்னும் கருவியைக்கொண்டு நிறமாலையின் ஒவ்வொரு பகுதியின் வெப்பநிலையையும் அளவிட்டு அறிந்துகொள்ளலாம்.

(vi) தற்காலத்தில் நட்சத்திரங்களின் பிரகாசத்தை ஒளி மின்சார முறையினால் (Photo-electrical method) ஒப்பிட்டு வருகிறார்கள். மற்ற முறைகளைவிட இதுவே மிகவும் சிறந்தது.

(vii) ரேடியோ தொலைநோக்கி (Radio Telescope): ஒளிக் கதிர்களைத் தவிர வேறு வகையான கதிர்களையும் அலைகளை யும் வானத்தில் உள்ள பொருள்கள் பல வீசுகின்றன. அவை ஒரு வகையான ரேடியோ அலைகள். அவற்றைக் கண்ணால் பார்க்க முடியாது. ஆனால் ஏற்றபடி அமைந்த கருவிகளில் அந்த அலைகளைப் படச்செய்தால் அவை ஒலியை இயற்றும். சூரியன் ஒளி அலைகளையும் ரேடியோ அலைகளையும் வீசு கிறது. ஆதலால், சூரியனைக் காணவும் முடியும், கேட்கவும் முடியும். இரவில் சூரியனைக் காணமுடியாது. ஆயினும், எப் பொழுது வேண்டுமானாலும் அதைக் கேட்கலாம். இப்படிப்

பட்ட கதிர்களை வீசும் வேறு எத்தனையோ பொருள்களும் வானத்தில் உள்ளன. அவைகளைக் காணவோ, படம் பிடிக்கவோ முடியாது; ஆனால் கேட்க முடியும். அக் கதிர்கள் நட்சத்திரங் களைப் பற்றிய புதிய விவரங்களை நமக்குத் தெரிவிக்கின்றன. இப்படிப்பட்ட கதிர்களை ஏற்பதற்காக அமைக்கப்பட்டிருக்கும் கருவிக்கு ' ரேடியோ தொலைநோக்கி ' என்று பெயர்.

(viii) திருப்பும் வசதியுடைய ரேடியோ தொலைநோக்கி: இந்த ரேடியோ தொலைநோக்கியின் துணைகொண்டு பின்வரும் ஆய்வுகளை மேற்கொள்ள வசதி ஏற்பட்டது:

(அ) பால் மண்டலத்தில் தோற்றுவாய் கொண்ட ரேடியோ அலைகள் பற்றி ஆய்வு.

(ஆ) பால் மண்டலத்திற்கு அப்பாற்பட்ட அண்டங்களி லிருந்து வெளிப்படும் ரேடியோ அலைகளின் ஆய்வு.

மேற்கூறிய பலவகைக் கருவிகளின் துணைகொண்டு மற்ற நட்சத்திரங்களைப் பற்றியும், நமது பால்வழியைப் பற்றியும், கோள்களைப் பற்றியும், இன்னும் இதர அண்டங்களைப் பற்றி யும் அனேக விவரங்களை அறிந்து வெளியிட்டிருக்கிறார்கள்.

இதுவரை பூமியில் நிறுவப்பட்ட ஆராய்ச்சி நிலையங்களி லிருந்தே வானவெளி ஆராய்ச்சிகள் நடத்தப்பட்டன. அண்மை யில் வானவெளியிலும் ஆராய்ச்சி நிலையங்கள் ஏற்படுத்தும் வகை கண்டுள்ளனர். இதனால் பல வானவெளி ரகசியங்கள் தெரியவந்துள்ளன. இந்த வானவெளிப் பரிசோதனைகளைப் பற்றியும் ரஷ்யர்கள், அமெரிக்கர்கள் அனுப்பியுள்ள இயங்கும் பரிசோதனைக் கூடங்களைப் பற்றியும் ஆங்காங்கே கூறியுள் ளோம்.

2. சூரியன்

சூரியன் வாயுநிலையில் உள்ள கோளவடிவமான மிகப் பெரிய நெருப்புப்பந்து. பூமியிலிருந்து அதன் தூரம் $148{\cdot}8 \times 10^6$கி.மீட்டர்கள் (9.3 கோடி மைல்கள்) ஆகும். பூமியோடு ஒப்பிட்டால் சூரியன் மிகமிகப் பெரியது. பூமியின் குறுக்களவு (diameter) 7927 மைல். ஆனால் சூரியனின் குறுக்களவு சுமார் 1,382,400 கி. மீ. = 8,64,000 மைல்கள். இது பூமியின் விட்டத்தைப்போல் சுமார் 109 மடங்காகும். சூரியனைப்போல் அவ்வளவு பெரிதாக ஒரு பலூனை அமைக்க முடியுமானால், அதற்குள்ளே சுமார் 13 இலட்சம் பூமிகளை எளிதாகப் போடலாம். சூரியனின் நிறை $1{\cdot}98 \times 10^{27}$ டன்கள் என்று கணக்கிட்டிருக்கிறார்கள். இதிலிருந்து சூரியனது திண்மை, தண்ணீரின் திண்மையைவிட 1·41 மடங்கு அதிகமானது ஆகும். ஆனால் பூமியின் சராசரித் திண்மை 5·52. சூரியனில் பொருட்கவர்ச்சியின் வலிமை பூமியின் மேற்பரப்பில் இருப்பதைவிடச் சுமார் இருபத்தெட்டு மடங்கு அதிகமாக இருக்கிறது [சூரியனது ஒளியும் மிக அதிகமானது. அதன் ஒளி 3×10^{27} வர்த்தித் திறன் (Candle Power) கொண்டது].

லாங்கிலி (Longley) என்னும் விஞ்ஞானி போலோமீட்டர் (Bolometer) என்னும் ஒரு கருவியை நிர்மாணித்தார். அக் கருவியைக் கொண்டு சூரியனிலிருந்து நாம் பெறும் ஆற்றலை அளந்து கணக்கிட்டார்கள். பூமியின் மேற்பரப்பில் ஒவ்வொரு சதுர சென்டிமீட்டர் பரப்பு மீதும் ஒரு விநாடிக்கு பதின்மூன்று இலட்சத்து ஐம்பதினாயிரம் எர்க்குகள் அளவுக்குச் சூரியனது ஆற்றல் விழுவதாகக் கணக்கிட்டிருக்கிறார்கள்.

சூரியனது வெப்பநிலையும் மிக அதிகம். அதன் மேற்பரப்பில் வெப்பநிலை 7000°-க்கு மேலாகும். அதன் உட்பகுதியில் வெப்பநிலை இரண்டு கோடி டிகிரி இருக்கவேண்டும் என்று தெரிகிறது. அதன் உட்பகுதியில் இருக்கும் வெப்பநிலை காரணமாகச் சூரியனின் மேற்பரப்பு எப்போதும் கொந்தளித்தவண்ணம் இருக்கிறது. மேலும் அதில் திடீர் திடீரென்று சுவாலைகள் கொழுந்துவிட்டு எரிந்துகொண்டிருக்கின்றன. சூரியனது மத்தியப்

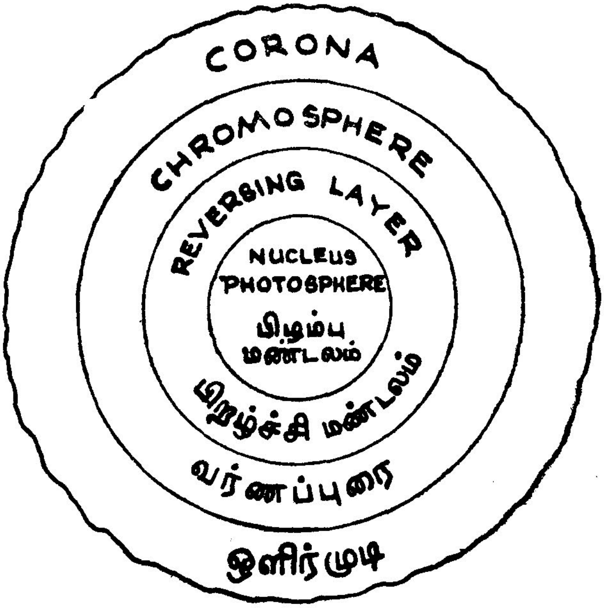
பிரதேசத்தில் வெப்பநிலை அதிகமாக இருப்பதோடு அழுத்தமும் (pressure) அளவுகடந்து இருக்கிறது. சதுர அங்குலத்திற்கு 20 இலட்சம் டன் அழுத்தம் இருப்பதாகக் கணக்கிடப்பட்டிருக்கிறது.

இவ்வளவு மிக்க அழுத்தமும் வெப்பமும் அங்கு இருப்பதால், அங்குள்ள ஹைட்ரஜன் வாயு அணுக்கள் முற்றும் வேறான ஹீலியம் என்னும் மற்றொரு பொருளின் அணுக்களாக மாற்றப் படுகிறது. ஒரு பவுண்டு ஹைட்ரஜன் இப்படி மாறுவதால், வெளிப்படும் வெப்பசக்தி நம்பமுடியாத அளவு மிகப் பெரியது. பொருள் சக்தியாக மாற்றமுடியும் என்று ஐன்ஸ்டைன் என்னும் பிரசித்திபெற்ற விஞ்ஞானி முதலில் நிரூபித்தார். இவ்வாறு சூரியனின் உட்புறத்தில் உள்ள பொருள் வெப்பமாகவும், ஒளி யாகவும் மாற்றப்பட்டு வருகிறது. செகண்டு ஒன்றுக்கு 570 மில்லியன் டன்கள் நிறையுள்ள ஹைட்ரஜன் வாயு ஹீலியம் ஆக மாற்றப்பட்டு அதன் பயனாகச் செகண்டுக்கு 4 மில்லியன் டன்கள் அளவுள்ள வெப்பம் வெளியாகிறது. இதனால்தான் கோடிக் கணக்கான ஆண்டுகளாகச் சூரியன் வெப்பத்தையும், ஒளியையும் வீசிக்கொண்டே இருக்கிறது.

சூரியனது அமைப்பு : சூரியனது நெருப்புப் பந்து பல அடுக்கு களாக அமைந்திருக்கிறது. சூரியனின் மையப் பாகம் **உட்புரை** (Nucleus) எனப்படும். இந்தப் புரையைச் சுற்றி அமைந்திருப்பது **ஒளிப்புரை** (Photosphere) எனப்படும். சிவப் பாகத் தோன்றும் இவ் வட்டத்தைப் **பிழம்பு** மண்டலம் என்றும் கூறுவார்கள். இதை அடுத்துள்ளது **பிறழ்ச்சி** மண்டலம் அல்லது **தலைகீழ்ப்** புரை (Reversing layer or Inverse layer) எனப்படும் பவன மண்டலம் ஆகும். இது பிழம்பு மண்டலத்தைச் சூழ்ந் துள்ளது. இப்பகுதியில் பலவிதத் தாதுப் பொருள்கள் ஆவிநிலை யில் இருக்கின்றன. இதைச் சூழ்ந்து ஆயிரக்கணக்கான மைல்கள் உயரத்துக்குச் சூரியனின் மேல்பாகமாகிய **வர்ணப்புரை** அல்லது **வர்ணமண்டலம்** (Chromosphere) என்னும் பகுதி வியாபித்திருக் கிறது. இம்மண்டலத்தின் விளிம்பிலிருந்து சுவாலைகள் (prominences) அடிக்கடி தோன்றியவண்ணம் இருக்கின்றன. இதை அடுத்துள்ள மண்டலம் **ஒளிர்முடி** (Corona) எனப்படும். சூரியனின் முழு மறைவுக் காலத்தில் அதற்கு ஒளிரும் முடிபோல் திகழ்கிறது.

ஆக, சூரியனது நெருப்புப் பந்து நான்கு அடுக்குகளாக அமைந்திருக்கிறது:

(i) ஒளிப்புரை அல்லது பிழம்பு மண்டலம் (Photosphere) : சூரியனை வெற்றுக் கண்ணால் பார்த்தால் ஒளி பொருந்திய தூய வெண்மை வட்டமாய்த் தோன்றும். இந்தப் பாகம் ஒளிப்புரையாகும். இதுபோலுள்ள வெண்மை வேறெங்கும் காணமுடியாதபடி விளங்குவதால், சூரியனுக்கு யாதொரு களங்கமும் இருக்கமுடியாது என்று நெடுங்காலமாக நினைத்து



படம் 2-1

வந்தார்கள். ஆனால் அதைத் தொலைநோக்கிவழி ஆராய்ந்த கலீலியோ சூரியனின் பிழம்பு மண்டலத்தில் நடு நடுவே கரும் புள்ளிகள் (Sunspots) தோன்றுவதை முதன்முதலில் எடுத்துக் காட்டினார். சூரியனின் உட்பாகத்திலிருந்து அதி வெப்பத் தினால் 'வாயுக்கள் சுழன்றுகொண்டு மேலே வரும். அவை சுற்றிலும் ஒளியுடனும், நடுவே சற்று ஒளி குறைந்த வட்டங்க ளாகவும் காணப்படும். இவையே சூரியனின் கரும்புள்ளிகள், அல்லது கறைகள் அல்லது களங்கங்கள் எனப்படும். இந்தப் புள்ளிகளில் சில சிறியவை ; வேறு சில மிகப் பெரியவை. சில புள்ளிகளின் குறுக்களவு 60000 மைலுக்கு மேலும் இருக்கின்ற தாம். ஒவ்வொரு களங்கத்திலும் கருநிழல் (umbra) என்னும்

நடுப்பகுதியும், அதைச் சூழ்ந்து அவ்வளவு கருமை யல்லாத மென்னிழல் (penumbra) பகுதியும் காணப்படுகின்றன. கரும் புள்ளிகள் என்றால் உண்மையிலே கறுப்புப் பகுதிகள் என்று நினைக்கவேண்டாம். இப் புள்ளிகளைச் சூழ்ந்துள்ள பாகங்கள் இவற்றைவிடப் பன்மடங்கு அதிகப் பிரகாசத்துடன் தோன்றுவதனால், இவை கறுப்பாகக் காட்சி அளிக்கின்றன. சூரியனின் மொத்தப் பரப்பில் ஐந்நூற்றில் ஒரு பங்கு இக் களங்கங்களே இருக்கின்றன.

இக் களங்கங்கள் ஓரிடத்தில் நிலைத்திராமல் பிழம்பு மண்டலத்தில் கிழக்குத் திசையிலிருந்து மேற்குத் திசையை நோக்கி நகர்ந்து செல்வதனைக் கவனித்ததிலிருந்து சூரியன் தன்னைத்தானே சுற்றிக்கொள்ளவேண்டும் என்று கண்டு பிடிக்கப்பட்டது. இப்படிச் சூரியன் தன்னைத்தானே சுற்றிக் கொள்வதற்குச் சராசரி 26 நாள்கள் ஆகின்றன என்று கண்டு பிடித்திருக்கிறார்கள்.

ஷ்வாபி (Schwabe) என்னும் விஞ்ஞானி சூரியனது களங்கங்களைப் பதினெட்டு ஆண்டுகள் தொடர்ந்து ஆராய்ந்து களங்கங்களின் வளர்ச்சி, முதிர்ச்சிக்கு உண்டான காலச் சக்கரத்தின் பொழுது பதினோராண்டு என்று கண்டுபிடித்தார்.

இக் களங்கங்கள் தோன்றி மறைவதையொட்டி பூமியிலும் பல மாறுதல்கள் ஏற்படுவதை விஞ்ஞானிகள் கவனித்தார்கள். இவை தோன்றி மறையும்போது, காந்த அலைகள் (Magnetic waves) பரவிக் காற்று, மழை அதிகமாகின்றன எனக் கருதப்படுகின்றது. பூமி ஒரு பெரிய காந்தமாக (magnet) செயற்படுகிறது. ஆனால், பூமியின் காந்தத் துருவங்கள் பூகோளத் துருவங்கள் இருக்கும் இடங்களில் இல்லை; அவற்றினின்று சற்று விலகியே இருக்கின்றன. பூகோளத் துருவங்கள் நிலைத்திருப்பதையும் ஆனால் காந்தத் துருவங்கள் அடிக்கடி மாறி வருவதையும் கவனித்தபோது, சூரியனில் உள்ள களங்கங்களின் மாறுதல்களையொட்டி இத் துருவங்களின் நிலைகளும் மாறி வருவது தெரியவந்தது.

பூகோள வடதுருவத்தின் அருகே ஒரு பிரகாசமான ஒளி தோன்றுவதைக் கவனித்து அதற்கு 'வடதுருவ ஒளி' (Aurora Borealis) என்று பெயரிட்டார்கள். இந்த இயற்கை விநோதம் சூரியனில் உள்ள களங்கங்களின் விளைவாகவே தோன்றுவதாகக் கருதப்படுகிறது.

சூரியனது களங்கங்கள் ஓரிடத்தில் நிலைத்திராமல் பிழம்பு மண்டலத்தில் கிழக்குத் திசையிலிருந்து மேற்குத் திசையைநோக்கி நகர்ந்துசெல்வதை ஆராய்ந்து சூரியன் தன்னைத்தானே சுற்றி வரவேண்டும் என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டது எனப் பார்த்தோம், நிறமாலைமானியைக் கொண்டும் சூரியனது சுழற்சி அறியப் பட்டது. இதை விவரிப்பதற்குமுன், டாப்ளர் (Doppler) என்னும் விஞ்ஞானி ஒலியைப்பற்றிக் கண்ட ஒரு நிகழ்ச்சியை விளக்குவோம். இது ஒலியைப் பற்றிய நிகழ்ச்சியாக இருந்தபோதிலும், ஒளி விஷயத்திலும் உண்மையாக இருக்கிறது. அதாவது, ஒரு பொருள் நம்மை நோக்கி வரும்போது அவ்வொளியில் அடங்கியுள்ள ஒளி அலைகளின் சுருதி உயர்ந்துவிடும். அப் பொருள் நம்மை விட்டு அப்பால் சென்றால் அவ்வொளி அலைகளின் சுருதி குறைந்துவிடும். இதை நிறமாலைமானியைக் கொண்டு சோதித்து அறியலாம். பிழம்பு மண்டலத்தின் இடப்புறத்தி னின்று வரும் ஒளியின் நிறமாலையில் உள்ள கருங்கோடுகளை யும், வலப் புறத்தினின்று வரும் ஒளியின் நிறமாலையில் உள்ள கருங்கோடுகளையும் கவனித்ததில் அவை நிலைத்திராமல் இடப் புறத்தின் கருங்கோடுகள் நிறமாலையின் ஊதா முனையை நோக்கி நகருவதையும், வலப்புறத்தின் கருங்கோடுகள் நிற மாலையின் சிவப்பு முனையை நோக்கி நகருவதையும் கவனித் தார்கள். இனி ஒளி அலைகளின் சுருதி ஊதா முனைக்குச் செல்லச்செல்ல அதிகரிக்கும் என்றும், சிவப்பு முனைக்குச் செல்லச் செல்லக் குறையும் எனக் கண்டார்கள். ஆகவே, சூரியனது கருங்கோடுகள் நகர்வதை ஒட்டியும், அலைகளின் சுருதி வேறுபாட்டைக்கொண்டும், சூரியனது இடப்புறம் நம்மை நோக்கி வருவதையும், வலப்புறம் நம்மைவிட்டு அப்பால் போவதையும் நாம் ஊகிக்கலாம். பிழம்பு மண்டலத்தின் நடு வில் இருந்து வரும் ஒளியை நிறமாலைமானி மூலம் சோதித் ததில் அதன் நிறமாலையில் தோன்றும் கருங்கோடுகள் ஒரு புறமும் நகராமல் நிலைத்திருப்பது தெரியவந்தது. ஆகையி னால் சூரியன் தன்னைத்தானே சுற்றிவருவது நிரூபிக்கப் பட்டது.

***(ii)* பிறழ்ச்சி மண்டலம் *(Reversing layer)* அல்லது பவன மண்டலம்:** பூமியைச் சுற்றி ஒரு வாயு மண்டலம் இருப்பதுபோல், சூரியனது பிழம்பு மண்டலத்தைச் சுற்றி ஒரு பவன மண்டலம் அல்லது பிறழ்ச்சி மண்டலம் (Reversing layer) சூழ்ந்து நிற்கிறது. இப் பகுதி நூற்றுக்கணக்கான மைல் உயரம்வரை வியாபித்திருக்கிறது. இப் பகுதியில் பலவிதத் தாதுப்பொருள்கள் ஆவிநிலையில் இருக்கின்றன. சூரியனது நிறமாலையில் உள்ள

பிரான்ஹோபர் கோடுகளைக்கொண்டு எந்த எந்தத் தாதுப் பொருள்களினால் அவை ஏற்படுகின்றன என்று கண்டுபிடிக்கப் பட்டது. இவ்வாறு ஆராய்ந்து பார்த்ததில், பூமியில் தோன்றும் தொண்ணூற்றுநான்கு பொருள்களில் அநேக தாதுப் பொருள்கள் சூரியனில் இருப்பது தெரியவந்தது. அதில் வெள்ளி, தாமிரம், அலுமினியம், அயம் ஆகியவைபோன்ற பல மூலகங்கள் இருக்கின்றன. சூரியனில் உள்ள அதிவெப்பங் காரணமாக இவையெல்லாம் தகதக என்று ஜொலிக்கும் நிலையில், ஆவி வடிவத்தில்தான் இருக்கின்றன. மற்ற எல்லாப் பொருள்களையும் விட ஹைட்ரஜன் அதிக அளவில் இம் மண்டலத்தில் இருக்கவேண்டும் என்று நிறமாலைச் சோதனையிலிருந்து புலப்பட்டது.

விஞ்ஞானத்தின் வெற்றி : 1868ஆம் ஆண்டில் அன்றுவரை பூமியில் கண்டிராத ஒரு மூலப் பொருள் சூரியனில் உண்டென நிறமாலைச் சோதனைகளால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. சூரியனில் (Helio) கண்டதால் ஹீலியம் என அதற்குப் பெயரிடப்பட்டது. இத் தாதுப்பொருள் சூரியனில் இருப்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்ட இருபத்தேழு ஆண்டுகளுக்குப் பின்னரே பூமியில் கண்டுபிடிக்கப் பட்டது. இதைக் கண்டுபிடித்தவர் வில்லியம் ராம்ஸே (William Ramsay) என்னும் விஞ்ஞானி ஆவார். இத் தாதுப்பொருள் பூமி யில் இருப்பது அறியாமல் ஒன்பது கோடி மைல்களுக்கு அப்பால் உள்ள சூரியனில் முதலில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது விஞ்ஞானத்தின் வெற்றிகளில் ஒன்றாகும்.

(iii) வர்ண மண்டலம் (Chromosphere): சூரியனின் பவன மண் டலத்திற்கு அடுத்தாற்போல் வர்ண மண்டலம் (Chromosphere) வியாபித்திருக்கிறது. இம் மண்டலத்தைச் சோதித்ததில் ஹைட் ரஜன் ஆவிநிலையில் பிழம்பு மண்டலத்துக்குமேல் 5 அல்லது ஆறாயிரம் மைல் உயரத்திற்கு வியாபித்திருப்பது தெரியவந்தது. இம் மண்டலத்தைப் பற்றிய விவரங்கள் சூரிய கிரகணத்தின் போதுதான் சேகரிக்கப்பட்டுவந்தன. சாதாரணக் காலங்களில், பிழம்பு மண்டலத்தின் பிரகாச ஜோதியின் காரணமாக வெற்றுக் கண்களுக்கு இவ் வர்ணமண்டலம் தென்படுவதில்லை. பூரண சூரிய கிரகணத்தின்போது சூரியனின் பிழம்பு மண்டலம் சந்திரனால் மறைக்கப்படும். இதை மறைந்து நிற்கும் சந்திரனது விளிம்பைச் சுற்றி மிகச் சிவந்த நெருப்பு வளையம் ஒன்று தோன்றுகிறது. இதுவே வர்ண மண்டலம் எனப்படும். வர்ண மண்டலத்திலிருந்து ஆயிரக்கணக்கான மைல் உயரத்திற்கு

பெரிய மலைகள்போல் சுவாலைகள் (prominences) பீறிட்டு வெளிக் கிளம்புகின்றன. இவை பிழம்பு மண்டலத்தில் உள்ள கரும்புள்ளிகளிலிருந்து கிளம்புவதாகக் கருதுகிறார்கள். களங் கங்கள் வீரியத்துடன் தோன்றும் போதெல்லாம் இச்சுவாலைகள் அதிகக் கொந்தளிப்புடன் தோன்றுவதைக் கவனித்தார்கள். களங்கங்கள் அமைதியாகத் தோன்றும்போது, இச்சுவாலைகள் சற்று அமைதியாகத் தோன்றுவது கவனிக்கப்பட்டது. இச்சுவாலைகளைப் படம்பிடிப்பதற்குச் சூரிய கிரகணத்திற்காகக் காத்திருக்க வேண்டியிருந்தது. ஆனால் நிறமாலைமானியைச் (Spectrometer) சற்றுத் திருத்தி அமைத்து ஸ்பெக்ட்ரோ ஹீலியோகிராப் (Spectro Heliograph) என்னும் கருவியை நிர்மாணித்தார்கள். இக் கருவியைக்கொண்டு சாதாரணக் காலங்களிலும் சுவாலைகளைப் படம் பிடிப்பது சாத்தியமாயிற்று.

(iv) கொரோனா அல்லது ஒளிர்முடி: இது முத்துப்போன்ற வெண்மை நிறத்துடன் தோற்றமளிக்கிறது. இப் பகுதி வர்ண மண்டலத்தின் உயரத்தைவிட அதிக அளவுக்கு வியாபித்திருக்கிறது. பிழம்பு மண்டலத்தைவிட இதன் பிரகாசம் மிகக் குறைவாக இருக்கிறது. எனவே, பிழம்பு மண்டலம் தெரியும்போது கொரோனாவைப் படம்பிடிப்பது கடினமான காரியமாக இருந்துவந்தது. ஆகவே, இப் பகுதியைப் பற்றிய விவரங்களைச் சேகரிப்பதற்குப் பூரண சூரிய கிரகணத்திற்குக் காத்திருக்க வேண்டியிருந்தது. மேலும் சூரியகிரகணம் அதிக நேரம் நீடிப்பதில்லை. ஏழு நிமிடங்களுக்கு மேல் சூரியன் முற்றும் மறைந்திருப்பதில்லை. இக் குறுகிய காலத்தில் கொரோனாவைப் பற்றிய சோதனைகளை முடிப்பது மிகவும் கடினமான காரியமாக இருந்துவந்தது.

இக் குறை 1931ஆம் ஆண்டிலிருந்து நிவர்த்திக்கப்பட்டு விட்டது. லையாட் (Lyot) என்னும் விஞ்ஞானி சாதாரணக் காலங்களிலும் இப்பகுதியைப் படம் பிடிப்பதற்கு வழியைக் கண்டு பிடித்தார். தொலைநோக்கிகளில் பயன்படும் பொருள் பகுதி வில்லைகளுக்குத் தகுந்த உறைகளை (diaphragms) அமைத்துப் படம்பிடிப்பதில் உள்ள இடையூறுகளை நிவர்த்திசெய்தார்.

மேலும் சமுத்திர மட்டத்துக்குமேல் மூவாயிரம் மீட்டர் உயரத்தில் வான ஆராய்ச்சி நிலையங்களை நிர்மாணித்து கொரோனாவைப் படம் பிடித்து அதன் தன்மையை அறிந்தார். இப் படங்களிலிருந்து கொரோனாவின் உருவமும் விளிம்பும்

அடிக்கடி மாறிக்கொண்டே இருப்பது தெரியவந்தது. இம் மாறுதல்கள் களங்கங்களின் மாறுதல்களையொட்டி நடைபெறு வதையும் கவனித்தார்கள். களங்கங்களின் வீரியம் ஓங்கும்போது சூரியனைச் சூழ்ந்து எல்லாப் பக்கங்களிலும் கொரோனாவின் உயரம் ஒரே அளவாக இருப்பதையும் களங்கங்களின் வீரியம் குறைந்தபோது, அதன் உயரம் குறைவதையும் கவனித்தார்கள். மேலும் சூரியனது மத்தியரேகைப் பகுதிகளில் கொரோனாவின் உயரம் அதிகமாக இருப்பதும், துருவப் பிரதேசங்களின் அருகே அதன் உயரம் குறைவாக இருப்பதும் தெரியவந்தது.

இவ்வாறு அனல் பிழம்பாகவும் ஒளிப் பிழம்பாகவும் சக்தியின் உறைவிடமாய் சூரியன் விளங்குகிறது. மேலும் சூரியனது ஈர்ப்புச் சக்தி காரணமாகப் பூமியும், மற்றக் கோள் களும் அதை இடையறாது சுற்றிவருகின்றன. இனிச் சூரியக் குடும்பத்தைப்பற்றிக் கவனிப்போம்.

3. கோள்கள்

(பொது)

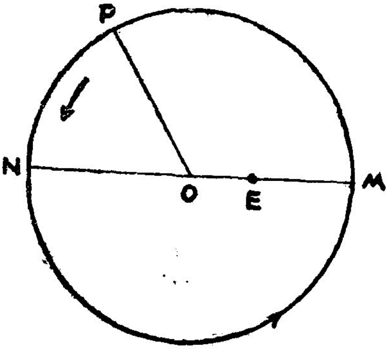
சூரியனது நிலையையும் சந்திரனது நிலையையும் தொடர்ந்து கவனித்த நம் முன்னோர்கள், நட்சத்திரங்களிடையே அவற்றின் தோற்ற இயக்கத்தை அறிந்தனர். இவ்வாறு ஊன்றிக் கவனித்தபோது சாதாரணப் பார்வைக்கு நட்சத்திரங்கள்போலத் திகழ்பவை சில நட்சத்திரங்களுக்கு இடையே நிலை மாறுவதையும் கண்டனர். இவ்வாறு நிலையின்றித் திரிபவற்றைக் கோள்கள் அல்லது கிரகங்கள் எனப் பெயரிட்டனர் ஆங்கிலத்தில் இவைகளை ' Planets ' என அழைத்தனர். 'Planet' என்பது 'நிலையின்றித் திரிபவை ' எனப் பொருள்படும் கிரேக்கச் சொல்லின் அடிப்படையில் தோன்றியதாகும்.

சக்தி மிகுந்த தொலைநோக்கியின் வழியாக நட்சத்திரங்களைப் பார்த்தால் அவை பிரகாசமான புள்ளிகளைப்போல் தோன்றுகின்றன. கோள்கள் வட்டவடிவமான சிறு தகடுகளைப் போல் தெரிகின்றன. விளக்கின் சுவாலை எப்படி ஒளியை வீசுகிறதோ அதைப்போலவே நட்சத்திரங்களும் ஒளியை வீசுகின்றன. அவைகளுக்குச் சுயமான ஒளி இருக்கிறது. கோள்களுக்குச் சுய ஒளி இல்லை. சூரியன், கோள்களின்மீது வீசும் ஒளியையே அவை பிரதிபலிக்கின்றன.

பண்டைய கொள்கை : பூமியைச் சுற்றிச் சூரியனும், சந்திரனும் மற்றக் கோள்களும் பூமியை மையமாகக் கொண்ட வட்டப்பாதைகளில் சுற்றிவருகின்றன என நம் முன்னோர் நினைத்தனர். நெடுநாள்வரை உண்மை என்று கருதப்பட்டு வந்த இக் கொள்கைக்குத் தாலமிக் (Ptolemy) கொள்கை என்று பெயர். தாலமி என்பவர் அலெக்சாந்திரியாவில் கி. பி. இரண்டாம் நூற்றாண்டில் வாழ்ந்த கிரேக்க வான ஆராய்ச்சியாளர் ஆவார். சூரியன் சந்திரன் தவிர மற்றக் கோள்கள் நட்சத்திரங்களிடையே எப்போதும் கிழக்காக நகராமல், சில நாள்கள் மேற்காக நகர்ந்து பிறகு கிழக்காக நகர்கின்றன. இந்தக் கிரக வக்கிர நிலையை (பின்னடை நிலை) தாலமி பின்வருமாறு விளக்

கினார். சூரிய சந்திரர்கள் பூமியை மையமாகக் கொண்ட வட்டப் பாதைகளில் சுற்றுகின்றன. ஆனால், மற்றக் கோள்கள் சிறு வட்டங்களில் அண்ட வெளியில் சுற்றுகின்றன. இவ் வட்டங்களின் மையம் பூமியை மையமாகக் கொண்ட வட்டங் களில் சுற்றுகின்றன என எடுத்துரைத்தார். இது தாலமியின் வட்டத்தைச் சுற்றும் வட்டச் சுழல் கொள்கை (Epicycle Theory) எனப்படும். இக் கொள்கை கி. பி. 16ஆம் நூற்றாண்டு வரை நிலவிவந்தது. இக் கொள்கையை விளக்குவோம்.

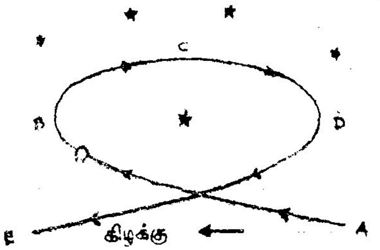
தாலமியின் பூமத்திய இயக்கக் கொள்கை : 16ஆம் நூற்றாண்டு வரை சூரியன், சந்திரன் மற்றக் கோள்கள் யாவும் பூமியை மைய மாகக் கொண்ட வட்டப்பாதைகளில் சுற்றுகின்றன என நம்பி வந்தனர். ஆனால் இக் கொள்கைப்படி கணக்கிட்ட நிலைகளுக் கும், கோள்களைக் கண்கூடாகக் கண்ட நிலைகளுக்கும் வேறு பாடு காணப்பட்டது. இதற்கு அரிஸ்டாடில் (Aristotle) என்பவர்



படம் 3-1

ஒரு விளக்கம் கொடுத்தார். கோள்களின் வட்டப்பாதைகளின் மையம் *O* ஆனது பூமி *E* யுடன் பொருந்தாமல், அதனின்று சற்று விலகிக் காணப்படுகிறது. கோள் *M* என்ற நிலையில் உள்ள போது, அது *N* என்ற நிலையில் இருக்கும்போது உள்ள தூரத்தை விடக் குறைவான தூரத்தில் இருக்கிறது. *M* என்ற இடத்தில் கோளின் வேகம் *N* என்ற இடத்தில் உள்ள கோளின் வேகத்தை விட அதிகமாகக் காணப்படும் என விவரித்தார். ஆனால் இவ் விளக்கம் சூரிய, சந்திர இயக்கங்களுக்குப் பொருந்தியதே தவிர, மற்றக் கோள்களின் நிலைகளை விளக்கப் பயன்படவில்லை. இதன் காரணமாகத் ' தாலமியின் வட்டத்தைச் சுற்றும் வட்டச் சுழல் ' கொள்கை (Epicycle Theory) தோன்றியது.

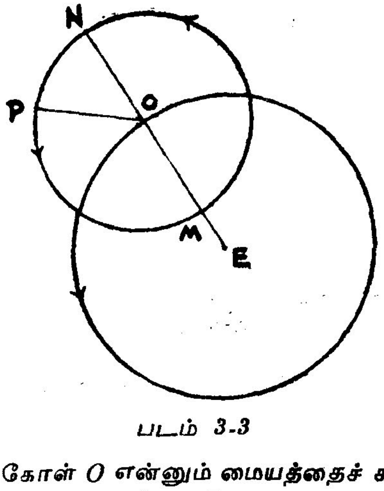
கிரக வக்கிரம் : சூரியன் சந்திரன் இவை தவிர மற்றக் கிரகங்கள் நட்சத்திரங்களிடையே எப்போதும் கிழக்காக நகர்வதில்லை. சில நாள்கள் மேற்காக நகர்ந்து பெரும்பாலும் கிழக்காக நகர்கின்றன என்பதை முன்னையோர் கண்டார்கள். படத்தில் நட்சத்திரங்களிடையே கோளின் இயக்கம் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 3-2

*A*யிலிருந்து *B*வரை கிழக்காகச் செல்லும் கோள், *B*யிலிருந்து *D* வரை மேற்காக நகருகிறது. இந் நிகழ்ச்சியைக் கிரக வக்கிரம் என்பார்கள். இதற்குக் காரணம் காட்டித் தாலமி 'வட்டத்தைச் சுற்றி வட்டம் சுழல்' கொள்கையை எடுத்துரைத்தார்.

கிரகங்கள் பூமியை மையமாகக் கொண்ட வட்டங்களில் நேராகச் சுற்றுவதில்லை. அவை சிறு வட்டங்களில் அண்ட வெளியில் சுற்றுகின்றன. அவ் வட்டங்களின் மையம் பூமியை மையமாகக் கொண்ட வட்டங்களில் சுற்றுகின்றன என அவர் கூறினார்.

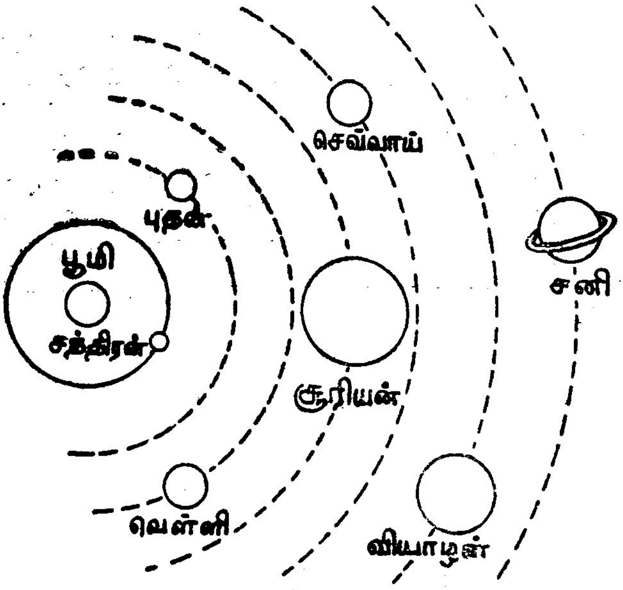


படம் 3-3

P என்னும் கோள் *O* என்னும் மையத்தைச் சுற்றி ஒரு சிறிய வட்டத்தில் (epicycle) சுற்றி வருகிறது. *O* என்னும் மையமோ,

*E*ஐ (பூமியை) மையமாகக் கொண்ட ஒரு பெரிய வட்டத்தில் சுற்றுகிறது. கோள் *M*-ல் இருக்கும்போது அது மிபூக்குச் சமீப மாயும், *N* என்ற இடத்தில் இருக்கும்போது அது பூமியிலிருந்து அதிகத் தொலைவிலும் காணப்படும். *E*யிலிருந்து பார்க்கும் போது, *P* யானது சில சமயம் நேராகவும், வேறு சில சமயங் களில் எதிர்த்திசையில் செல்வது போலும் காணப்படும். *M* என்ற இடத்தில் அது நகரும் திசை *N* என்ற இடத்தில் நகரும் திசைக்கு நேர் எதிராக அமையும். இந்தச் சுழல் வட்டக் கொள்கை கோள்களின் இயக்கங்களை விவரிக்கப் போதுமானதாகக் காணப் பட்டது.

தாலமியின் தவறான கொள்கைப்படி கோள்கள் இயங்கும் விதம் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. சூரிய சந்திரர்கள் மட்டும்



படம் 3-4

வட்டப் பாதைகளில் செல்ல மற்றவை சுழல்வட்டப் பாதைகளில் செல்லுகின்றன எனத் தாலமி கூறினார்.

இவ்வாறு, தாலமியின் தவறான கொள்கையை நிலை நாட்டப் பல யுக்திகளைக் கையாண்டு வந்தனர்.

தாலமியின் கொள்கை, புறத் தோற்றத்தை முற்றிலும் மெய்யென நம்பியதால் வந்த விளைவு.

புரட்சி யுகம் : பதினாறாம் நூற்றாண்டை ஒரு புதுயுகம் எனக் கூறலாம். வான நூலின் அடிப்படைக் கொள்கையாகிய '**சூரிய மத்திய இயக்கக் கொள்கை**' தோன்றிய காலம் அது. தாலமியின் பூமத்திய இயக்கக் கொள்கை தவறு என்று முதலில் காட்டியவர் கோபர்நிகஸ் (Copernicus, 1473—1543) என்ற விஞ்ஞானி. 25 ஆண்டுகளுக்கு மேலாகக் கோள்களின் நிலைகளைக் கவனித்துக் கணக்கிட்டுச் சரிபார்த்து அவர் தம் சூரிய மத்தியக் கொள்கையைக் கூறினார். அக் காலத்தில் தாலமியின் கருத்துக்கு ஆதரவு அதிகம் இருந்ததால் அது தவறு என்று சொல்ல அறிஞர்கள் அஞ்சினர். கோபர்நிகஸ் துணிச்சலுடன் சூரியனைச் சுற்றியே பூமியும் மற்றக் கோள்களும் ஓடிவருகின்றன என்று கூறினார். ஆனால் இவரை எல்லாரும் ஏளனம் செய்தனர். இவரது புதிய கருத்துக்கு ஆதரவு கிடைக்கவில்லை.

இவர் இறந்த நான்கு ஆண்டுகளுக்குப் பின்னர் டைகோ பிராஹி (Tycho Brahe) என்ற ஒரு வான ஆராய்ச்சி அறிஞர் தோன்றினார். இவர் தோன்றியிராவிடில் கோபர்நிகஸினால் கணக்கியலால் பெறப்பட்ட முடிவுகள் பரிசோதனையினால் நிரூபிக்கப்படாமலேயே இருந்திருக்கும். இவரைத் தொடர்ந்து வந்த கெப்ளர் (1571 — 1630), கலிலியோ (1564 — 1642), சர் ஐசக் நியூட்டன் (1643—1727) முதலிய ஆராய்ச்சியாளர்களால் '**சூரிய மத்தியக் கொள்கை**' நிலைநாட்டப்பட்டது.

கோள்களின் இயக்கம் : டைகோ பிராஹி நெடுநாள் உழைப்பினால் சேகரித்து வைத்த விவரங்களைக் கெப்ளர் நன்கு பரிசீலனை செய்தார். அவ்விதம் ஆராய்ந்ததில் செவ்வாயின் நிலையில் கோபர்நிகஸின் கொள்கைப்படி இருப்பதற்கும், அதைத் தொலைநோக்கிமூலம் பார்க்கின்ற உண்மைநிலைக்கும் 8 கலை வித்தியாசம் இருப்பதைக் கண்டார். இச் சிறுபிழையை மற்ற ஆராய்ச்சியாளரைப்போல் புறக்கணிக்காமல், இதைக் கவனத்தில் கொண்டு சிந்தித்ததன் பயனாகக் கோள்களின் இயக்கத்துக்கு உண்டான சிறப்பு வாய்ந்த மூன்று விதிகளை வெளியிட்டார்.

கெப்ளரின் விதிகள்

1. கோள்கள் யாவும் சூரியனைக் குவியத்தில் (Focus) கொண்ட நீள்வட்டப் (Elliptical) பாதைகளில் இயங்குகின்றன.

2. சூரியனையும் கிரகத்தையும் சேர்க்கும் நேர்கோடு கிரகம் சூரியனைச் சுற்றும்போது, சமநேரத்தில் சமபரப்பைக்

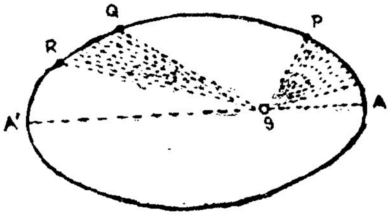
கடக்கும், அதாவது அக்கோடு பரப்பைக் கடக்கும் வேகம் (Areal Velocity) சீரானது.

3. ஒரு கோள் சூரியனைச் சுற்றி வரும் காலத்தின் (*T*) வர்க்கமும், கோளின் சராசரித் தூரத்தின் (*d*) கனமும் நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

இவ் விதிகளுக்குக் காரணம் யாதும் கெப்ளர் கூறவில்லை. இம் மூன்று விதிகளும் ஒரு பொது விதியாகிய 'கவர்ச்சி விதியின்' விளைவே எனப் பின்னர் வந்த சர் ஐசக் நியூட்டன் என்ற மாபெரும் அறிஞர் விளக்கிக் காட்டினார்.

இனி இவ் விதிகளைச் சற்று விளக்குவோம்.

இரண்டாவது விதியின் விளக்கம்: படத்தில் *S* என்னும் புள்ளி நீள்வட்டத்தின் குவியத்தில் உள்ள சூரியனைக் குறிக் கிறது. *P, Q, R* என்பன கோளின் நிலைகளைக் குறிக்கின்றன.

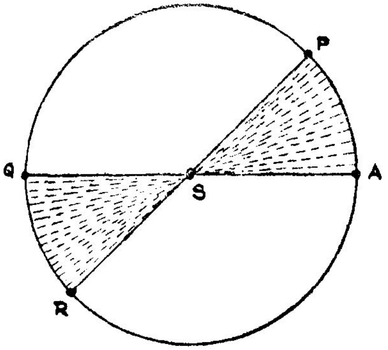


படம் 3-5

ASP என்னும் பகுதியும், *QSR* என்னும் பகுதியும் சம பரப் புள்ளவை எனில், கெப்ளரின் இரண்டாவது விதியின்படி, கோள் *A*யிலிருந்து *P*-க்குச் செல்ல ஆகும் நேரமும், *Q*விலிருந்து *R*-க்குச் செல்ல ஆகும் நேரமும் சமமாகும்.

பாதை வட்டமாக இருந்தால், *S* மையத்தில் அமையும். கோணம் *ASP*-ம், *QSR*-ம் சமமாக இருக்கும். ஆனால் நீள் வட்டமாக அமையும்போது, கோள் சூரியனுக்கு மிக அருகில் *A*-ல் இருக்கும்போதுள்ள கோணம் *ASP* ஆனது கோணம் *QSR*ஐவிட அதிகமாக இருக்கும். ஆனால் இரு பாதைகளையும் கடக்கும் காலம் சமமாக இருப்பதால், கோளின் இயங்கு வேகம் சூரியனுக்கு அருகில் இருக்கும்போது அதிகமாகவும் தொலைவில் செல்லும்போது குறைந்தும் இருக்கும் எனத் தெரிய

வருகிறது. கோள் சூரியனுக்கு மிக அருகில் உள்ள A என்னும் நிலையை 'Perihelion' என்றும், மிகத் தொலைவு நிலையான A'ஐ



படம் 3–6

'Aphelion' என்றும் குறிக்கின்றனர். ஆகவே சூரியன் Perihelion, A-ல் உள்ளபோது வேகமாகவும், Aphelion A'-ல் உள்ளபோது மிக மெல்லவும் செல்லும்.

மூன்றாவது விதியின் விளக்கம்: கணித மொழியில் இவ் விதியை $T^2 \propto d^3$ என எழுதுகிறோம். இவ் விதியின்படி, மிக அருகில் உள்ள கோள்கள் சூரியனைச் சுற்றிவர எடுத்துக் கொள்ளும் காலம் தொலைவில் உள்ள கோள்களுக்கு ஆகும் காலத்தை விட மிகக்குறைவு என விளங்குகிறது.

இரு கோள்கள் சூரியனைச் சுற்றிவரும் நீள்வட்டப் பாதை களின் அரைப் பேரச்சுகள் a_1, a_2 எனவும், அவை சூரியனை ஒரு முறை சுற்றிவர எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம் T_1, T_2 எனவும் கொண்டால் மூன்றாவது விதியின்படி,

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \text{ ஆகும்.}$$

பயிற்சி: ஒரு சிறு கோளின் (asteroid) சுற்றுங் காலம் $3\frac{1}{2}$ ஆண்டுகள் எனின், சூரியனிலிருந்து அதன் சராசரித் தூரம், சூரியனிலிருந்து பூமியின் தூரத்தைப் போல் 2·3 மடங்காகும் எனக் காட்டுக.

பெருங்கோள்கள், உள்ளிடைக்கோள்கள், கோள்களின் தளங்கள் : முன்னையோர் அறிந்திருந்த கோள்கள் புதன், வெள்ளி, செவ்வாய், வியாழன், சனி என ஐந்தாகும். புதுயுகம் பிறந்த பின் காணப்பட்டவை யுரேனஸ், நெப்டியூன், புளூட்டோ என்பன. வெள்ளிக்கும் செவ்வாய்க்கும் இடையில் உள்ளது நமது பூமி. பூமியையும் சேர்த்துப் பெருங்கோள்கள் (Major planets) ஒன்பதாகும்.

செவ்வாய்க்கும் வியாழனுக்கும் இடையே பல குட்டிக் கோள்கள் இருப்பதை வான ஆராய்ச்சியாளர் கண்டுபிடித்தனர். இச் சிறுகோள்களின் தொகுதியை 'Asteroids' என்று பெயரிட்டனர். இவற்றை மிகச் சிறிய கிரகங்கள் (Minor planets) என்றும் குறிப்பிடுவார்கள்.

எல்லாக் கிரகங்களும் ஆஸ்டிராயிடுகளும் சூரியனைச் சுற்றி ஒரே திசையில் சுற்றிவருவது சூரிய மண்டலத்தின் விசித்திரங்களில் ஒன்றாகும். இத்துடன் இவையெல்லாம் தம்மைத்தாமேயும் சுற்றிவந்துகொண்டிருக்கின்றன. கோள்கள் யாவும் சூரியனை இடமாகச் சுற்றுகின்றன. ஒவ்வொரு கோளும் சூரியனைச் சுற்றும்பொழுது உருண்டு சுழன்றுகொண்டே ஓடுகிறது. சுழலும் பம்பரம் ஒன்று வட்ட வடிவமான பாதையின் வழியாகச் சென்றால் எப்படி இருக்குமோ அதைப் போலவேதான் இருக்கும். இவை ஓடிவரும் பாதைகளின் தளங்கள் ஒன்றற்கொன்று சற்றே சாய்ந்துள்ளன. சூரியனுக்கு மிக நெருங்கிய கோளாகிய புதனின் தளச் சாய்வு பூமியின் பாதைத் தளத்திற்கு 7° ஆகும். மற்றக் கோள்களின் தளங்களின் சாய்வுகள் $3\frac{1}{2}$°க்குக் குறைவே. மிகத் தொலைவில் உள்ள புளூட்டோவின் தளம் பூமியின் பாதைத் தளத்திற்கு 17° சாய்வில் உள்ளது.

ஒன்பது கோள்கள் : தற்காலத்தில் நாம் அறிந்துள்ள கோள்கள் ஒன்பதாகும். அவை புதன், வெள்ளி, பூமி, செவ்வாய், வியாழன், சனி, யுரேனஸ், நெப்டியூன், புளூட்டோ என்பனவாம். இவையன்றிச் செவ்வாய்க் கிரகத்திற்கும், வியாழனுக்குமிடையே சூரியனைச் சுற்றி ஓடும் 2000 குட்டிக் கோள்களுக்கு மேலாகக் கண்டுபிடித்திருக்கிறார்கள். இவை சிறு கோள்கள் (Asteroids or Minor planets) எனப்படும். மேலே கூறப்பட்ட ஒன்பது கோள்களும் பெருங்கோள்கள் எனப்படும்.

இவை யாவும் குறிப்பிட்ட பாதையில் சூரியனைச் சுற்றி, கெப்ளர் விதிகளுக்குட்பட்டு இயங்கி வருகின்றன.

சூரியனுக்கும், நமக்கும் இடையே சுற்றும் புதன், வெள்ளி என்னும் இரு கிரகங்களும் உள்ளிடைக் கோள்கள் (Inferior or Inner Planets) எனப்படும். மற்றக் கோள்கள் புறக் கோள்கள் (Superior or Outer Planets) எனப்படும்.

மற்றொரு வகையிலும் இக் கோள்கள் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. புதனும், வெள்ளியும் பூமியைப் போன்ற (Earthlike or Terran) கோள்களாகும். ஆகவே இவற்றை டெர்ரான் கோள்கள் எனவும், மீதி 6 கோள்களையும் 'ஆவிப் பெருங்கோள்கள்' எனவும் பிரித்துள்ளனர். டெர்ரான் கோள்கள் உருவத்தில் சிறியவை. ஆவிப் பெருங்கோள்களின் துணைக் கோள்கள் சில இவற்றைவிடப் பெரிதாக உள்ளன. டெர்ரான் கோள்களின் அடர்த்தி (density) அதிகம். ஆனால் ஆவிப் பெருங்கோள்களின் அடர்த்தி குறைவு. டெர்ரான் கோள்களில் இரும்பு போன்ற உலோகங்களும், கனமான ஆவிகளாகிய உயிர் வாயு (oxygen), வெடியம் (nitrogen), நீராவி (water vapour) முதலியனவும் உள்ளன. நீர் வாயு (hydrogen) குறைவு. ஆனால் ஆவிப் பெருங் கோள்களில் நீர் வாயு, ஹீலியம் போன்றவையே அதிகம்.

சந்திரன்கள்: சூரியனைச் சுற்றிக் கோள்கள் வட்டமிட்டு ஓடுவது போல், கோள்களைச் சுற்றியும் சிறிய சந்திரன்கள் வட்டமிட்டு ஓடுகின்றன. புதன், சுக்கிரன் என்னும் இரண்டு கோள்களுக்குமட்டும் இப்படிப்பட்ட சந்திரன் ஒன்றும் இல்லை. புளூட்டோவுக்கும் இல்லை என்று சொல்லலாம். மற்ற எல்லாக் கோள்களுக்கும் சந்திரன்கள் இருக்கின்றன. செவ்வாய்க்கு இரண்டு சந்திரன்கள் இருக்கின்றன. வியாழனுக்கு நான்கு பெரிய சந்திரன்களும், எட்டுச் சிறிய சந்திரன்களும் உள்ளன. இவ் வாறாக எல்லாக் கிரகங்களுக்கும் சேர்ந்து 32 சந்திரன்கள் இருப்பதாகக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றது.

எங்கும் உள்ள கவர்ச்சி: சூரியனது கவர்ச்சியின் காரணமாகப் பூமியும், மற்றக்கோள்களும் சூரியனைச் சுற்றி ஓடி வருகின்றன. இதுபோலவே பூமியின் கவர்ச்சியின் காரணமாகச் சந்திரன் பூமியைச் சுற்றி வருகிறது. இவ்வாறே மற்றக் கோள்களின் சந்திரன்களும் அந்தக் கோள்களைச் சுற்றி வருகின்றன.

பூமி நம்மைக் கவர்ந்து இழுக்கின்றது. அதனால்தான் நாம் எடை உள்ளவர்கள் ஆகிறோம். எடை என்பது கவர்ச்சியின் அளவைப் பொறுத்தது.

ஒருவரின் எடை பூமியில் 144 பவுண்டாக இருப்பின், அதே நபரின் எடை சந்திரனில் 24 பவுண்டாகக் காணப்படும். சந்திரன் பூமியைவிட மிகச் சிறியது. ஆகையால் அதன் இழுக்கும் கவர்ச்சி மிகக் குறைவு. ஆனால் அதே நபர் வியாழனுக்குச் சென்றால் அங்கே அவரின் எடை 144 பவுண்டைக் காட்டிலும் மிகவும் அதிகமாக இருக்கும். ஏனென்றால் வியாழன் பூமியைவிட மிகப் பெரியது. ஆகவே அங்குள்ள கவர்ச்சியும் அதிகம்.

'ஆமார்' என்னும் ஒரு சிறிய குட்டிக் கிரகம் இருக்கிறது. அது மிகச் சிறியது. அதன் குறுக்களவு ஒரு மைல். ஆதலால், நாம் அங்கே சென்றால், அது நம்மை இழுக்கும் கவர்ச்சி மிக அற்பமாக இருக்கும். அங்கே கிட்டத்தட்ட நமக்கு எடையே இருக்காது எனலாம். ஆகவே, அங்கிருந்து ஒரு சிறுவன் உயரே வேகமாகத் துள்ளிக் குதித்தால், அவன் வானவெளியில் சென்று விடுவான். ஏனென்றால், அது அவனை மீண்டும் தன்னிடம் கவர்ந்து இழுக்க முடியாது.

4. கோள்கள்

(சிறப்பு வருணனை)

1. புதன் (Mercury) : சூரியனுக்கு மிகவும் அருகில் உள்ள கோள் புதன். இது சூரியனிடமிருந்து மூன்று கோடி அறுபது லட்சம் மைல் தூரத்தில் இருக்கிறது. இது சூரிய ஒளியில் இருப்பதால், வெற்றுக் கண்ணுக்குத் தோன்றுவது கடினம். சூரியன் மறைந்து சிறிது நேரத்திற்குப் பின் சில நாள்வரை இக் கோள் மேற்கே தொடர்ந்து காணப்படும். பிறகு சில காலம் அதை அங்கே காணமுடியாது, அதன் பிறகு அதைக் காலை வேளையில் சூரியன் தோன்றுவதற்குச் சிறிது நேரத்திற்கு முன் சில நாள்வரை கிழக்கே காணலாம். இப்படிக் காலை மாலைகளில் தோன்றும் இரண்டு கோள்களும் வெவ்வேறு என்று நினைத்து நம் நாட்டவர் அவற்றைப் புதன் என்றும், ரௌகிணேயன் என்றும் அழைத்தார்கள். இது போன்றே பழங் காலத்தில், கிரேக்க நாட்டிலும், எகிப்து நாட்டிலும் வாழ்ந்த வான ஆராய்ச்சியாளர் கருதினர். பிற்காலத்து வான ஆராய்ச்சி யாளர்கள் இவை இரண்டும் ஒன்றுதான் என்று கண்டுகொண் டார்கள்.

இதுவே எல்லாக் கோள்களிலும் மிகச் சிறியது. இதன் குறுக்களவு சுமார் 3000 மைல். நமது சந்திரனை விட 40% பெரியது. பூமியின் நிறையில் இதன் நிறை இருபத்துமூன்றில் ஒரு பங்கு இருக்கிறது. இதன் திண்மை தண்ணீரின் திண்மையை விட நாலரைமடங்கு அதிகமாக இருக்கிறது.

இதன் மேற்பரப்பில் பொருட்கவர்ச்சியின் வலிமை பூமியின் மேலுள்ள வலிமையில் மூன்றில் ஒரு பங்கே இருக்கிறது. எனவே, நம் பூமியில் ஆறடி உயரம் எழும்பக்கூடிய ஒருவன் புதனுக்குச் சென்றால் சுமார் இருபது அடி உயரம் எழும்பலாம்.

நிறையில் மிகச் சிறியதாக இருந்தபோதிலும், மற்றக் கிரகங் களைக் காட்டிலும் இது அதிவேகத்துடன் சூரியனைச் சுற்றி ஓடி வருகிறது. ஆனால் அதன் பாதையில் அது ஒரே வேகத்துடன் ஓடி வரவில்லை. சூரியனுக்குப் பக்கத்தில் இருக்கும்போது

விநாடிக்கு முப்பத்தாறு மைல் வேகத்துடனும், சூரியனுக்குத் தொலைவில் செல்லும்போது விநாடிக்கு இருபத்துநான்கு மைல் வேகத்துடனும் ஓடி வருகிறது.

இதுதான் எல்லாக் கோள்களையும்விட மிக வேகமாகக் கதிரவனைச் சுற்றிவரும் கோள். எனவே இதற்குத் 'தேவதூதன்' (Messenger of God) எனப் பெயர் இட்டது மிகப் பொருத்தமே.

ஒரு முறை சூரியனைச் சுற்றி வருவதற்கு இதற்கு நம்முடைய நாள் கணக்குப்படி 88 நாள்கள் ஆகின்றன. இதன் மேற்பரப்பைத் தொலைநோக்கியால் பார்க்கும்போதெல்லாம் ஒரே மாதிரியாகக் காண்கிறது. இதிலிருந்து புதனின் ஒரே பக்கம் எப்போதும் சூரியனை நோக்கி இருப்பதாகத் தெரிகிறது. ஆகவே, அது தன்னைத்தானே சுற்றிக்கொள்ளும் காலமும் சூரியனை ஒரு முறை சுற்றிவர ஆகும் காலமும் ஒன்றே; அதாவது 88 நாள்கள் எனத் தெரிகிறது. சந்திரனுக்குத் தன்னைத்தானே சுற்றிக்கொள்ளும் காலமும், பூமியைச் சுற்றிவரும் காலமும் சமமாயிருப்பதுபோல, புதனுக்கும் அமைந்திருக்கிறது.

அதாவது புதனில் 'ஒரு நாளும், ஓர் ஆண்டும்' ஒன்றே. இது சூரியனுக்கு எப்போதும் ஒரு முகத்தையே காட்டிக்கொண்டு ஓடி வருவதால், சூரியனை நோக்கி இருக்கும் அரைக்கோளம் எப்போதும் அதிக வெப்பமாகவும், அதன் மற்றப் பகுதி எப்போதும் அதிகக் குளிர்ச்சியாகவும் இருந்துவரும். சூரியனுக்குப் பக்கத்தில் இருக்கும்போது சூரியனை நோக்கி உள்ள புதனின் மேற்பரப்பு நானூற்றுப் பத்து டிகிரி வெப்பநிலையிலும், சூரியனிலிருந்து தொலைவில் இருக்கும்போது அப்பகுதியின் வெப்பநிலை இருநூற்று எண்பது டிகிரியிலும் இருப்பதாக நிர்ணயித்திருக்கிறார்கள். அதன் மறுபக்கத்தில் பனியைக் காட்டிலும் மிக மிகக் குளிர்ச்சியாக இருக்கும். புதனின் ஒரு பக்கம் எப்பொழுதும் பகலாக இருக்கும். அதற்குப் பின்புறம் உள்ள மறு பக்கத்தில் எப்பொழுதும் இரவாக இருக்கும்.

சந்திரனைப்போல் புதனுக்கும் பவன மண்டலம் இல்லாமல் இருப்பதைக் கவனித்தார்கள். புதன் தோன்றிய காலத்தில் அதற்குப் பவன மண்டலம் அமைந்திருந்தாலும்கூட அதன் மேற்பரப்பின் வெப்ப நிலையின் விளைவாக அது வெளியேறி இருக்க வேண்டும். மேலும் பவன மண்டலத்தைக் கவர்ந்து நிலை நிறுத்தக்கூடிய நிறையும் புதனுக்கு இல்லை. புதனில் காற்று இல்லாததோடு நீரும் இல்லை என்று தெரிகிறது. காற்றும் நீரும் அங்கே இல்லாதபடியாலும், அதன் ஒரு பக்கம் அதிக வெப்ப

மாகவும் மற்றப் பக்கம் மிகக் குளிர்ச்சியாகவும் இருப்பதைக் கொண்டு அங்குப் பூமியில் வாழும் உயிரினங்களைப்போல் இருக்க முடியாது எனவும் தெரியவருகிறது.

புதனுக்கும் சந்திரனுக்கும் ஒற்றுமைகள் அநேகம் இருக்கின்றன. புதனின் சராசரித் திண்மை 3·8; சந்திரனின் திண்மை 3·3. எனவே, இரண்டின் உட்புறங்களும் ஒரே மாதிரியாக இருக்க வேண்டுமென்பது தெரியவருகிறது. சந்திரனின் மேற்பரப்பிலும் காற்றும் இல்லை, நீரும் இல்லை. சூரியனது ஒளியைப் புதனும் சந்திரனும் ஒரே ரீதியில் பிரதிபலிக்கின்றன. இவை இரண்டின் பரிமாணங்களும் ஒன்றாக இருக்கின்றன. சூரியனுக்கு எப்போதும் ஒரு முகத்தையே காட்டிக்கொண்டு புதன் சுற்றுவது போல் பூமிக்கு எப்போதும் ஒரு முகத்தையே காட்டிக்கொண்டு சந்திரனும் சுற்றி வருகிறது. புதனை ஒரு தொலைநோக்கியின் வழியாகப் பார்த்துவந்தால், சந்திரனுக்கு வளர்பிறை, தேய்பிறைத் தோற்றங்கள் இருப்பதுபோல் புதனுக்கும் வளர்பிறை, தேய்பிறைத் தோற்றங்கள் இருப்பது காணப்படும்.

2. **வெள்ளி அல்லது சுக்கிரன் (Venus) :** சூரிய மண்டலத்தில் புதனுக்கு அப்பால் உள்ள கோள் ‘ வெள்ளி ’ ஆகும். சூரியனுக்கும் சந்திரனுக்கும் அடுத்தபடியாக வானத்தில் மிகப் பிரகாசமாகத் தோன்றுவது ‘ சுக்கிரன் ’. இது சூரியனுக்கும் பூமிக்கும் இடையில் இருப்பதால், சிலமாத காலம் சூரியன் மறைந்த பின்பு சிறிது நேரம்வரை அதை மேற்குவானத்தில் காண முடியும். வேறு சில மாதங்களில் சூரியன் உதயமாவதற்கு முன்னால் சிறிது நேரம்வரை அதைக் கீழ்த்திசையில் காண முடியும். அப்பொழுது இதை விடிவெள்ளி என்பார்கள். இது பெயருக்கேற்ப, உருக்கிவிட்ட வெள்ளியின் ஒளியுடன் பிரகாசிக்கும்.

இதன் விட்டம் 7700 மைல். எனவே, அதன் அளவும் பூமியின் அளவும் ஏறக்குறைய ஒத்தவை. வெள்ளியின் பாதை ஏறக்குறைய வட்டமாகவே இருக்கிறது. இந்தப் பாதையின் குவிமையப் பிறழ்வு ·007. அதன் பாதை பூமியின் பாதைக்கு 3° 22′ அளவே சாய்ந்திருக்கிறது. அது பூமியைவிடச் சற்றே சிறிதாகும். இது பூமியை அநேக வகைகளில் ஒத்திருப்பதால், இது பூமியின் இரட்டைச் சகோதரி (twin sister) என அழைக்கப்படுகிறது. இது சூரியனிடமிருந்து ஆறுகோடியே எழுபத்திரண்டு லட்சம் மைல் தூரத்தில் இருக்கிறது இது விநாடிக்கு 22 மைல் வேகத்துடன் சூரியனைச் சுற்றி ஓடிவந்துகொண்டிருக்

கிறது. சூரியனை ஒருமுறை சுற்றுவதற்குச் சுக்கிரன் 225 நாள்கள் எடுத்துக்கொள்கிறது. அது தன்னைத்தானே சுற்றிக் கொள்ளும் காலவட்டம் என்னவென இன்னும் திட்டவட்டமாகக் கணிக்க முடியவில்லை. சோவியத் வான ஆராய்ச்சியாளர்கள் ரேடியோ துணைகொண்டு அதன் மேற்பரப்பின் எல்லையை நிர்ணயித்து, அது தன்னைத்தானே சுற்றிக்கொள்ள 10 நாள்கள் ஆகின்றன என்று மிகச் சமீபத்தில் கணக்கிட்டிருக்கின்றனர். தொலைநோக்கியின் மூலமாகச் சுக்கிரனைப் பார்க்கும்போது சுக்கிரனுக்கும் சந்திரனைப்போல் வளர்பிறை, தேய்பிறைத் தோற்றங்கள் இருப்பன நமக்குப் புலப்படும்.

பூமிக்கு அமைந்திருப்பதுபோல் இதற்கும் பவன மண்டலம் (காற்றுச் சூழல்) அமைந்துள்ளது. இதன் பவன மண்டலம் ஐம்பது முதல் எழுபது மைல் உயரம் இருக்கவேண்டும் என்று மதிப்பிடுகிறார்கள். இப் பவன மண்டலத்தில் காற்றோ, நீராவியோ இருப்பதாகத் தெரியவில்லை. இப்பவனத்தினிடையே ஒரு வகையான வெண்மேகங்கள் காணப்படுகின்றன. இவை ஒளியை நன்றாகப் பிரதிபலிக்கின்றன. ஆதலால்தான் சுக்கிரன் மிகப் பிரகாசமாகத் தோன்றுகிறது. சுக்கிரனின் மேற்பரப்பில் வெப்பநிலை 120°F முதற்கொண்டு 140°F வரை இருக்கலாம் என்று மதிப்பிடுகிறார்கள்.

சமீபகாலத்தில் ருஷ்யர்களும் அமெரிக்கர்களும் விண்வெளி ரகசியங்களை அறிந்துகொள்ள ஒருவருக்கொருவர் விஞ்ஞானப் போட்டி மனப்பான்மையுடன் அநேக விண்கலங்களை வானவெளியில் அனுப்பிவருகிறார்கள். சுக்கிரனைப் பற்றி அறியப் பல விண்கலங்களை ஏவியுள்ளனர். அவற்றைப் பற்றி இங்குக் கூறுவோம்.

1961ஆம் ஆண்டு பிப்பிரவரித் திங்கள் 12ஆம் தேதி அன்று 'Venera I' என்னும் ஒரு சோவியத் விண்கலம் சுக்கிரனுக்கு அனுப்பப்பட்டது. அது சுக்கிரனை 1 லட்சம் கிலோமீட்டர் தூரத்தில் கடந்து பிறகு பூமியைச் சுற்றி வந்தது.

1962ஆம் ஆண்டு டிசம்பர் திங்கள் 14ஆம் நாள் அன்று, 'Mariner II' என்னும் ஓர் அமெரிக்க விண்கலம் சுக்கிரனுக்கு 21648 மைல் சமீபமாக அணுகி அதைக் கடந்து சென்று சூரியனை நிரந்தரமாகச் சுற்றவிடப்பட்டது.

1967ஆம் ஆண்டு அக்டோபர்த் திங்கள் 18ஆம் நாள் சோவியத் நாட்டின் 'Venus IV' என்ற விண்கலம் சுக்கிரனில் சோதனைக்குரிய கருவிகளை இறக்கியது.

மேலும் 1972ஆம் ஆண்டு மார்ச்சுத் திங்கள் 27ஆம் நாள் சோவியத் நாட்டின் 'Venus 8' என்னும் தானியங்கும் விண்வெளி நிலையம் (Automatic space station) சுக்கிரனைப் பற்றிய விவரங்களைச் சேகரிப்பதற்கு அனுப்பப்பட்டது. அது ஜூலை மாதம் 22ஆம் தேதி சுக்கிரனில் இறங்கியது.

மற்றும் 1973ஆம் ஆண்டு நவம்பர்த் திங்கள் 3ஆம் நாள் 'Mariner 10' என்னும் அமெரிக்க விண்கலம் சுக்கிரனையும் புதனையும் ஆராய்ந்து அறிவதற்கு அனுப்பப்பட்டது. இதுவே இருகோள்களை ஆராய்வதற்கு அனுப்பப்பட்ட முதல் விண் கலனாகும். மேலும் சூரிய குடும்பத்தில் மிகச்சிறிய கோள் ஆகிய புதனை ஆராய அனுப்பப்பட்ட முதல் விண்கலன் இதுவேயாகும். மேரினர் 10, 1974ஆம் ஆண்டு மார்ச் மாதத்திலும் மீண்டும் செப்டம்பர் மாதத்திலும் புதன் கிரகத்தை இருமுறை கடந்து சென்றது. 1975ஆம் ஆண்டு மார்ச் மாதம் 16ஆந் தேதி அன்று அது புதனைக் கடைசி முறையாக மூன்றாவது தடவை கடந்து சென்று ஓர் அற்புத சாதனையை நிகழ்த்தியது. புதனை அது 208 கி.மீ.வரை அணுகி நூற்றுக் கணக்கான படங்களை எடுத்ததுமன்றிப் புதனின் காந்த மண்டலத்தைப் பற்றி அதிநுட்பமான அளவுகளையும் கண்டறிந்தது. பூமியில் மத்தியான வேளையில் இருக்கும் பிரகாசத்தைப்போல், ஐந்துமடங்கு பிரகாசத்துடன் புதனின் மேற்பரப்புக் காணப் படுகிறது.

3. பூமி: பூமி சூரியனிலிருந்து மூன்றாவதாக உள்ள கோள். சூரியனிலிருந்து அதன் சராசரி தூரம் 9,29,65,000 மைல்கள் ஆகும்.

பூமியின் வடிவம்: பண்டைக்காலத்துப் பாமரர்கள் பூமி தட்டை வடிவமென எண்ணினாலும், பிதகோரஸ், ஏரடோஸ் தனஸ் போன்ற அறிஞர்கள் பூமி உருண்டை வடிவமானது எனக் கூறியுள்ளனர். பூமி உருண்டை வடிவமானது என அறியப் பல சான்றுகளைக் கீழ்வகுப்புகளில் தெரிந்துகொண்டிருப்பீர்கள். முக்கியமான இரு சான்றுகளை இங்குக் கூறுவோம்.

(1) சந்திர கிரகண சமயங்களில் சந்திரனின் மறைவுக்குக் காரணம் பூமியின் நிழல் சந்திரன்மேல் படுவதாகும். இந்நிழல் வட்ட வடிவமாக இருப்பதைக் காண்பீர்கள். ஒரு கோள வடிவ மான பொருளுக்குமட்டுமே வட்ட வடிவமான நிழல் உண்டு. ஆகவே, பூமி ஒரு கோள வடிவில் இருக்கிறது என்பது தெரியு வருகிறது.

(2) அண்மையில், வானவெளியில் பறக்கவிட்ட செயற்கைக் கோள்களிலிருந்து படம் எடுத்துப் பூமியின் வடிவம் உருண்டை என்பதைக் கண்கூடாகக் காட்டியுள்ளனர்.

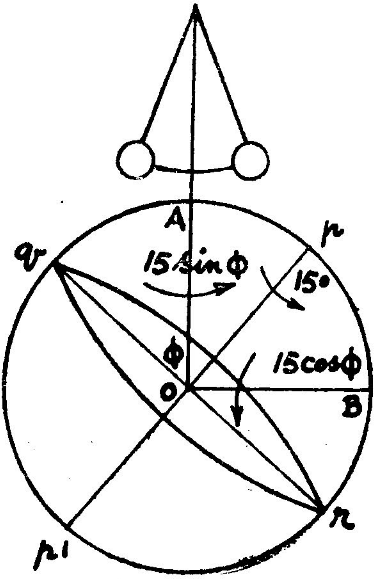
பூமி முற்றிலும் சீரான உருண்டை எனச் சொல்ல இயலாது. பூமி துருவப் பிரதேசங்களில் சற்றுத் தட்டையாகவும், பூமத்திய ரேகைப் பிரதேசங்களில் சற்றுப் பருத்தும் ஓர் ஆரஞ்சுப் பழத்தைப் போன்ற வடிவமுடையது எனச் சொல்லலாம். பூமியின் விட்டம் பூமத்திய ரேகை வாட்டத்தில் 12,756 கி. மீட்டர்கள் = 7926 மைல்கள் ஆகும். துருவ தூரங்களைச் சேர்க்கும் விட்ட தூரம் 12,714 கி. மீட்டர்கள் = 7,900 மைல்கள். பூமியின் சராசரி ஆரம் ஏறத்தாழ 3,960 மைல் அல்லது 6,868 கிலோ மீட்டர் எனக் கொள்ளப்படுகிறது.

பூமியின் சுழற்சி, இயக்கம் : பூமி சீரான உருண்டை வடிவமில்லாமல், துருவபாகங்களில் சற்றுத் தட்டையாக இருப்பதற்குக் காரணம் அதன் சுழற்சியே யாகும். பூமி தன்னைத் தானே 23 மணி 56 நிமிடங்களில் ஒருமுறை மேற்கிலிருந்து கிழக்காகச் சுற்றிக்கொள்கிறது

1851ஆம் ஆண்டு பிரான்ஸ் தேசத்தைச் சேர்ந்த ஃபோகால்ட் (Foucault) என்னும் விஞ்ஞானி பூமியின் சுழற்சியினை ஒரு சோதனை மூலம் நிரூபித்தார்.

ஃபோகால்ட்டின் ஊசலி (Foucault's pendulum) : பாரிஸ் நகரத்தில் பான்தியன் (Pantheon) என்னும் ஒரு பெரிய கட்டடத்தின் விமானத்திலிருந்து (dome) 200 அடி நீளமுள்ள மெல்லிய கம்பியின் நுனியில் 80 பவுண்டு எடையுள்ள குண்டுடன் ஒரு ஊசலியைத் தொங்கவிட்டார். குண்டை ஒரு புறம் இழுத்துப் பட்டு நூலால் சுவருடன் பிணைத்துக் கட்டி நூலை எரித்து விட்டார். நூல் எரிந்து அறுந்தவுடன் ஊசலி ஒரே தளத்தில் ஆடலாயிற்று. இவ்வாறு தெற்கு வடக்காக 12 அடி தூரத்திற்கு ஆடிற்று. இதை விட்டமாகக் கொண்ட வட்டப் பரிதியில் சீராக மணல் குவிக்கப்பட்டிருந்தது. ஊசலியோ ஒரே தளத்தில் ஆட, ஊசலியின் முனை படும் இடங்கள் வட்டத்தைச் சுற்றிக் குறிக்கப் படலாயின. கீழே உள்ள இடம் நகராதிருந்தால், மணலில் ஒரே இடத்தில்தான் ஊசலி முனை படவேண்டும். ஆனால், அவை வட்டத்தில் நகருவது மேற்கண்ட சோதனை மூலம் காட்டப்படுகிறது. ஆகவே ஊசலியின் கீழே பூமி நகருகிறது. அதாவது சுழல்கிறது என்ற முடிவுக்கு வரவேண்டியிருக்கிறது.

ஃபோகால்ட் (Focault) செய்த சோதனையின் அடிப்படைத் தத்துவத்தைப் பின்வருமாறு விளக்கலாம் :



படம் 4-1

பூமியின் மையம் *O* எனக் கொள்வோம். *A* என்ற இடத்தில் சோதனை நடத்துவதாகக் கொள்வோம். *A* யின் அகலாங்கு (latitude) ϕ என்க. *OA*-க்குச் செங்குத்தாக *OB* ஐ வரைக.

பூமி $\mu O \mu'$ என்ற அச்சு மையங்கொண்டு ω கோண வேகத்துடன் சீராகச் சுழல்கிறது எனக் கொண்டால், இக் கோண வேகத்தை *OB*, *OA* என்னும் திசைகளில் பிரித்தால் முறையே $\omega \cos \phi$, $\omega \sin \phi$ எனக் கிடைக்கும். *OB* ஆனது *OA*-க்குச் செங்குத்தாக உள்ளதால், *OB* ஐப் பற்றிய சுழல் வேகம் $\omega \cos \phi$ ஆனது *OA* திசையில் ஒரு விளைவும் ஏற்படுத்தாது. ஆகவே *A* ஆனது வானவெளியில் *OA* ஐப் பற்றி $\omega \sin \phi$ என்னும் கோண வேகத்துடன் சுழலவேண்டும். ஆனால் *A* யிடத்தில் உள்ளவர்களுக்கு இந்தச் சுழற்சி தெரியாததால், ஊசலியின் தளம் எதிர்த் திசையில் $\omega \sin \phi$ வேகத்தில் சுழலுவது தெரியவேண்டும்.

ஃபோகால்ட் பாரிஸ் நகரத்தில் இந்தச் சோதனையை நடத்தினார். பாரிஸ் நகரத்தின் அகலாங்கு 48° 50′ ஆகும். ஆகவே பூமி ω கோண வேகத்துடன் இடஞ்சுழியாகச் சுழன்றால்

ஊசலியின் தளம் வலஞ்சுழியாக மணிக்கு ω sin φ அளவு திரும்பவேண்டும்.

$$\text{இனி } \omega = \frac{360^\circ}{24} = \text{மணிக்கு } 15^\circ$$

$$\therefore \omega \sin \phi = 15^\circ \sin 48^\circ 50'$$
$$= 15^\circ \times \tfrac{3}{4} = 11^\circ\ 25$$ எனப் பெறப் படுகிறது.

ஃபோகால்ட் சோதனையை நடத்தித் தளம் திரும்பிய கோணத்தையும், திரும்ப எடுத்துக்கொண்ட நேரத்தையும் அளந்து 1 மணிக்கு 11° 25 சுற்றுகிறதெனக் கண்டார். ஆகவே சோதனை மண்ணுலகச் சுழற்சியை உறுதிப்படுத்துகிறது.

குறிப்பு : φ அகலாங்கு உள்ள இடத்தில், பூமியின் சுழல் காலம்

$$T = \frac{2\pi}{\omega \sin \phi} = \frac{360^\circ}{15^\circ \sin \phi} = \frac{24}{\sin \phi} \text{ மணிகள்.}$$

பூமி தன்னைத்தானே 23 மணி 56 நிமிடங்களில் ஒரு முறை சுற்றிக்கொள்வதால், பூமத்தியப் பிரதேசங்கள் மணிக்கு 1000 மைல் வேகத்தில் சுழல்கின்றன. துருவங்களை அணுகும் போது இந்த வேகம் குறைகிறது. பூமியின் சுழற்சியின் காரண மாக வியாபாரக் காற்றுகள் (Trade winds), கடல் நீரோட்டங் கள் (Ocean currents) இவைகளின் போக்கு நிர்ணயிக்கப்படு கின்றன.

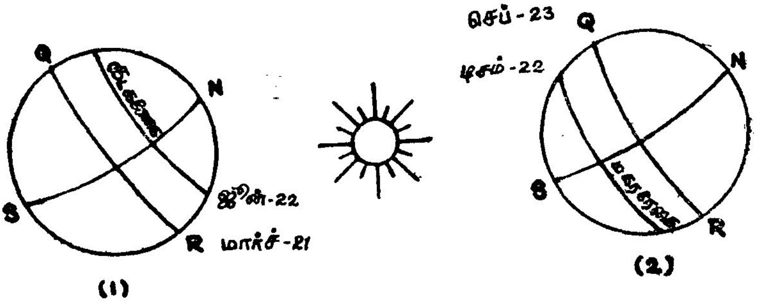
பூமி தன்னைத்தானே மேற்குத் திசையிலிருந்து கிழக்குத் திசையை நோக்கிச் சுற்றிக்கொண்டு வருகிறது. இதன் பொருட்டே வானத்தில் உள்ள நட்சத்திரங்களும், மற்றக் கிரகங்களும், சூரியனும் கிழக்கே உதித்து மேற்கில் மறைவதைப் போல் நமக்குக் காட்சியளிக்கின்றன. இதை ஓர் உதாரணத்துடன் ஆரியபட்டர் (கி.பி. 450) எனும் இந்திய வான ஆராய்ச்சியாளர் விளக்கியுள்ளார். ‘ஓர் ஆற்றில் செல்லும்போது கரையில் உள்ளவை எதிர்த்திசையில் செல்வதுபோல் தோன்றுகின்றன. அதேபோல் வானமும் சுற்றுவதுபோன்று காட்சியளிக்கிறது’.

இவ்வாறு வானத்தில் எழுந்து மறையும் நட்சத்திரங்களைக் கூர்ந்து கவனித்தால், வடக்கே நமக்குச் சற்று அடிவானத்தி லிருந்து உயரத்தில் ஒரு நட்சத்திரம் இரவு முழுவதும் ஏறக் குறைய ஒரே இடத்தில் இருப்பது தெரியவரும். இந்த நட்சத் திரம் துருவ நட்சத்திரம் (Pole Star) எனப்படும்.

பூமியின் வானவெளி இயக்கம்: ஒவ்வொரு நாளும் இரவில் துருவ நட்சத்திரம் ஒரே திசையில் காணப்படுகிறது. ஆனால், பூமி ஒரே இடத்தில் சுழன்றுகொண்டிராமல், சூரியனைச் சுற்றி நீள்வட்டப் பாதையில் (elliptical orbit) இடமாகச் சுற்றுகிறது. இதிலிருந்து துருவ நட்சத்திரம் இருக்கும் திசையே வான வெளியில் பூமியின் சுழல் அச்சு அமையும் திசையாகும் எனப் பெறப்படுகிறது.

இந்தச் சுழற்சி இருசு பூமி சுற்றிவரும் தடத்திற்குச் செங்குத் தாக அமையவில்லை. அச்செங்குத்துத் திசையிலிருந்து $23\frac{1}{2}°$ சாய் வில் இருக்கிறது. அதாவது பூமி சூரியனைச் சுற்றிவரும் தடத் திற்கும், அது தன்னைத்தானே சுற்றிக்கொள்ளும் சுழற்சி அச்சுக்கும் $66\frac{1}{2}$ பாகை கோணம் இருக்கிறது. இதன் விளைவாகப் பூமத்திய ரேகை பூமி சுற்றிவரும் தடத்தினின்று விலகி இருக் கிறது. இவ்வாறு விலகி இருப்பதாலேயே பருவ காலங்கள் உண்டாகின்றன.

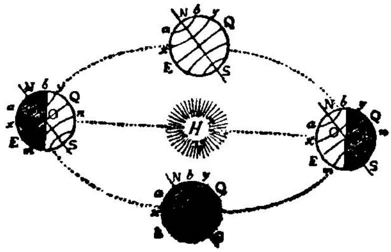
பூமி சூரியனைச் சுற்றிவரும்போது, எப்பொழுதும் அதன் அச்சு ஒரே திசையாகச் சாய்ந்திருக்கிறது. இதன் காரணமாக வருடத்தில் ஆறு மாதம் இச் சுழற்சி இருசின் ஒரு முனை அதாவது அதன் ஒரு துருவம் சூரியனை நோக்கிச் சாய்ந்தவாறு இருக்கும். அடுத்த ஆறு மாதத்திற்கு அத் துருவம் சூரியனை விட்டு எதிர்ப் புறமாகச் சாய்ந்திருக்கும். இதன் விளைவாகச் சூரியனுக்குக் கிழக்குத் திசையிலிருந்து மேற்குத் திசையை நோக்கிச் செல்லும்



படம் 4-2

இயக்கத்துடன் வடக்கு, தெற்குத் திசைகளுக்கு இடையேயும் மற்றோர் இயக்கம் ஏற்படுகிறது. இவ்வாறு நடைபெறுவதையே உத்தராயன ஓட்டம் என்றும் தக்ஷிணாயன ஓட்டம் என்றும்

கூறுவார்கள். இவ்வியக்கத்தின் பலனாகவும், பூமி ஞாயிற்றைச் சுற்றி வருவதாலும் பருவகாலங்கள் எவ்வாறு ஏற்படுகின்றன என்பதை விவரிப்போம்.



படம் 4-3

மார்ச் மாதம் 21ஆம் தேதியன்று பூமத்திய ரேகை மீதுள்ள இடங்களில் சூரியனின் கிரணங்கள் செங்குத்தாக விழுகின்றன. அன்று உலகிலுள்ள எல்லா இடங்களிலும் பகற்பொழுது பன்னிரண்டு மணி நேரமாகவும் இராப்பொழுது பன்னிரண்டு மணி நேரமாகவும் இருக்கும்.

பூமியின் மையத்திலிருந்து 23½° அளவு வடக்காகச் சாய்ந்தவாறு உள்ள வட்டத்தின் பரிதியில் அமைந்துள்ள இடங்கள் கடகரேகை-ன் (Tropic of Cancer) எல்லையைக் குறிக்கும். மார்ச் மாதம் 21ஆம் தேதி முதற்கொண்டு ஜூன் மாதம் 21ஆம் தேதி வரை வட அரைக் கோளத்தில் உள்ள இடங்களில் எல்லாம் பகற்பொழுது நாளுக்குநாள் அதிகரித்துக்கொண்டே போகும். அவ்விடங்களில் பருவகாலம் வசந்தம் எனப்படும். இதே சமயத்தில் தென் அரைக் கோளத்தில் உள்ள இடங்களில் பகற்பொழுது நாளுக்குநாள் குறைந்துகொண்டுவரும். இவ்விடங்களில் பருவகாலம் இலையுதிர் காலம் எனப்படும். ஜூன் மாதம் 21ஆம் தேதிக்குப் பின்னர் வட அரைக் கோளத்தில் உள்ள இடங்களில் பகற்பொழுது குறைய ஆரம்பிக்கிறது. செப்டம்பர் 23ஆம் தேதியன்று பூமத்திய ரேகைமீதுள்ள எல்லா இடங்களிலும் சூரியனது கிரணங்கள் மீண்டும் செங்குத்தாக விழுகின்றன. அன்றும் உலகிலுள்ள எல்லா இடங்களிலும் பகற்பொழுது பன்னிரண்டு மணி நேரமாகவும், இராப்பொழுது பன்னிரண்டு மணி நேரமாகவும் இருக்கும். டிசம்பர் 21ஆம் தேதி அன்று பூமத்திய ரேகையிலிருந்து 23½° தெற்காக உள்ள இடங்கள் எல்லாம் அமைந்துள்ள மகர ரேகை (Tropic of Capricorn) மீது சூரியனின் கிரணங்கள் செங்குத்தாக விழுகின்றன. செப்டம்பர்

23ஆம் தேதிக்கும் டிசம்பர் 21ஆம் தேதிக்கும் இடையிலுள்ள காலம் வட அரைக்கோளத்தில் இலையுதிர் காலமாகவும் தென் அரைக் கோளத்தில் வசந்தமாகவும் இருக்கும். டிசம்பர் 21ஆம் தேதி முதல் மார்ச்சு 21ஆம் தேதிவரை வட அரைக்கோளத்தில் குளிர்காலமாகவும் தென் அரைக்கோளத்தில் கோடைக்கால மாகவும் இருக்கும். இவ்வாறாகப் பூமியின் சுழற்சி இருசு சாய்ந் திருப்பதனால் பருவ காலங்கள் மாறிமாறி வந்துகொண்டிருக் கின்றன. இச் சுழற்சி இருசு சாய்ந்திராவிட்டால் இப் பருவ காலங்கள் உண்டாகமாட்டா.

பூமி, சூரியனைச் சுற்றி ஓடிவரும் தளத்திற்கும் அதன் சுழற்சி இருசுக்கும் இடையே செங்கோணம் இருந்திருப்பின், பூமத்திய ரேகையின்மீதுள்ள இடங்கள்மீது சூரிய கிரணங்கள் செங்குத் தாக விழுந்து அவ்விடங்கள் வருஷம் முழுவதும் ஒரே அளவுக்கு வெப்பத்தையும் ஒளியையும் பெறும். இதைப்போல, பூமத்திய ரேகையிலிருந்து விலகிச் செல்லும்போது ஒரே வட்டத்தில் அமைந்துள்ள எல்லா இடங்களும் வருஷம் முழுவதும் ஒரே அளவுக்கு வெப்பத்தையும் ஒளியையும் பெற்றுவரும். ஆனால் இதன் அளவு பூமத்திய ரேகையின் மீதுள்ள இடங்கள் பெறுவதை விடக் குறைவாக இருக்கும்.

பூமியின் சுழற்சி இருசு பூமியின் பாதைத் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக இராமல் சாய்ந்து இருப்பதனால், பூமத்திய ரேகையின் மீதுள்ள இடங்கள்மட்டும் அல்லாமல் அதற்கு இரு புறங்களில் உள்ள இடங்களிலும் சிறிது தூரத்திற்குச் சூரியனின் கிரணங்கள் செங்குத்தாக விழுகின்றன. பூமியின் மற்றப் பகுதி களில் சூரியனின் கிரணங்கள் சாய்ந்து விழுகின்றன. மேலும் ஓரிடத்தில் வருஷம் முழுவதும் சூரிய கிரணங்கள் ஒரே அளவு சாய்வுடன் விழுவதில்லை. இச் சாய்வு நாளுக்குநாள் வேறு பட்டு வருகிறது. இதன் விளைவாக ஓரிடத்தில் விழும் சூரிய வெளிச்சமும், வெப்பமும் ஒரே அளவாக இருப்பதில்லை.

பூமியில் கடகரேகைக்கு வடக்கேயுள்ள இடங்களில் சூரிய னைத் தலைக்கு நேரே காண இயலாது. இதேபோல், தெற்கே மகர ரேகைக்கு அப்பாற்பட்ட இடங்களிலும் அவ்வாறேயாகும். இவை மித சீதோஷ்ண மண்டலங்களாம் (Temperate Zones). இங்கே வெப்பக்கதிர்கள் சாய்ந்தே விழுவதால் வெப்பம் குறைந் திருக்கும். துருவங்களை அணுக அணுக, அதாவது பூமத்திய ரேகையிலிருந்து வடக்கே $66\frac{1}{2}°$-க்கும் மேலேயுள்ள பகுதிகளும், தெற்கே $66\frac{1}{2}°$-க்கும் கீழேயுள்ள பகுதிகளும் பனியுறை மண்டலங் கள் (Frigid Zone) ஆகும்.

சூரியனைச் சுற்றிப் பூமி நீள்வட்டப் பாதையில் ஓடிவந்து கொண்டிருக்கிறது. ஆனால் பூமி எப்பொழுதும் சீரான வேகத்துடன் ஓடிவரவில்லை. சூரியனுக்கு மிகச் சமீபத்தில் வரும் போது (perihelion) அதாவது ஜனவரி மாதத்தில் அதன் வேகம் அதிகமாக இருக்கிறது. சூரியனிலிருந்து வெகு தொலைவில் இருக்கும்போது (aphelion) அதாவது ஜூலை மாதத்தில் பூமி சற்றுக் குறைவான வேகத்துடன் ஓடி வருகிறது. அது சராசரி விநாடிக்கு 18½ மைல் வேகத்துடன் அதன் பாதையில் ஓடி வருவதாகக் கணக்கிட்டிருக்கிறார்கள்.

சூரியனுக்கும் பூமிக்கும் இடையேயுள்ள பொருட்கவர்ச்சிச் சக்தியின் விளைவாகச் சூரியனைச் சுற்றிப் பூமி ஓடி வருகிறது. இக் கவர்ச்சிச் சக்தி பூமியின் மேற்பரப்பில் எல்லா இடங்களிலும் சமமாக இருப்பதில்லை. பூமியானது, பூமத்தியரேகைக்கண் சற்றுப் பருத்து இருப்பதனால், அப்பகுதியில் உள்ள இடங்களில் மற்ற இடங்களில் இருப்பதைக் காட்டிலும் சூரியனது கவர்ச்சி சற்று அதிகமாகவே இருக்கிறது. இதன் விளைவாகத் துருவங்களைச் சேர்க்கும் கோடு அதாவது பூமியின் சுழற்சி இருசு தன் நிலையிலிருந்து இலேசாக மாறிக்கொண்டே வருகிறது.

நன்றாகச் சுழன்றுகொண்டிருக்கும் பம்பரத்தைச் சற்று இலேசாகத் தட்டினால் அதன் ஆணியாகிய இருசும் இலேசாக ஒரு வட்டத்தின் பரிதியில் சுழல்வதைக் காணலாம். இதேபோல் பூமியின் சுழற்சி இருசும் சுழன்று வருகிறது. ஆனால் ஒருமுறை சுற்றுவதற்கு இருபத்தாறாயிரம் வருஷம் ஆகிறது. அவ்வளவு இலேசாக இருசு சுழன்று வருகிறது.

பூமிக்கு உண்டான பலவித இயக்கங்களை மீண்டும் குறிப்பிடுவோம்.

(1) சூரியனைச் சுற்றி அதன் மண்டலத்தில் ஓடிவருவது ஒன்று.

(2) தன்னைத்தானே சுற்றிக்கொள்வது மற்றொன்று.

(3) மூன்றாவது இயக்கம் சுழற்சி இருசின் ஆட்டம்.

(4) இம் மூன்றையும் தவிர பூமி, சூரியனுடைய இயக்கத்தையும் மேற்கொள்ளுகிறது. சூரியன் தன் கிரகங்களுடன் வேகா (Vega) என்னும் நட்சத்திரத்தை நோக்கி விநாடிக்குப் பன்னிரண்டு மைல் வேகத்துடன் சென்றுகொண்டிருக்கிறது.

காற்றினால் ஆகிய உறை ஒன்று பூமியைச் சுற்றி இருக்கிறது. அதற்குப் பூமியின் வாயுமண்டலம் என்று பெயர். பல வாயுக்கள் அதில் கலந்திருக்கின்றன. அது பூமியின் மேல்பரப்பிலிருந்து சுமார் ஆயிரம் மைல்வரை பரவியிருந்தபோதிலும், வாயுமண்டலத்தின் பெரும்பகுதி 15 மைல் உயரத்துக்குள் அடங்கியிருக்கிறது. மேலே போகப்போக அது மேன்மேலும் மெல்லியதாக ஆகிக்கொண்டு வருகிறது. வானவெளிக் கப்பலில் ஒருவன் ஏறி வாயுமண்டலத்துக்குமேலே சென்று பார்த்தால் அவனுக்கு நடுப்பகலிலும்கூட நட்சத்திரங்கள் தெரியும். ஏனென்றால் மேலே செல்லச் செல்லச் சூரிய ஒளியைச் சிதறச் செய்வதற்குப் போதிய வாயு இல்லை. பூமியின் மேல்பரப்பின் அருகில் உள்ள வாயு சூரிய ஒளியைச் சிதறச்செய்கிறது. அப்படிச் சிதறிய ஒளி, நட்சத்திரத்தின் ஒளியைவிட அதிகப் பிரகாசமாக இருக்கிறது. ஆகையால்தான் சூரியன் உதித்த பிறகு நம்மால் ஒரு நட்சத்திரத்தையும் காணமுடியவில்லை.

வாயுமண்டலம் இல்லாவிட்டால், தாவரங்களோ, பிராணிகளோ பூமியில் உயிர்வாழ முடியாது. உயிர் வாழ்வதற்குத் தனிப்பட்ட ஆக்ஸிஜன் வேண்டும். வாயுமண்டலம் இல்லாவிட்டால் தனிப்பட்ட ஆக்ஸிஜன் இருக்க முடியாது. வாயு மண்டலத்திலுள்ள வாயுக்கள் வான வெளியில் தப்பி ஓடிவிடாமல், பூமி அவற்றைப் பலமாகப் பிடித்து இழுத்துக்கொண்டிருக்கிறது.

பூமியைச் சூழ்ந்துள்ள மண்டலங்களைச் சோதித்து அறியவும், சந்திரனைப் பற்றித் தெரிந்துகொள்ளவும், வான வெளியில் பயணம் செய்து மற்றக் கிரகங்களுக்குச் செல்லவும், ரஷ்ய, அமெரிக்க நாட்டு விஞ்ஞானிகள் அநேக விண்கலன்களைப் பூமியைச் சுற்றியும், சந்திரனைச் சுற்றியும் ஏவியதுடன் மற்றக் கிரகங்களுக்கும் விண்கலன்களை அனுப்பி மகத்தான சாதனை புரிந்துள்ளனர்.

இவ்வத்தியாயத்தில் பூமியைச் சுற்றி ஓடவிட்ட பல விண்கலன்களைப் பற்றிச் சுருக்கமாகக் கூறுவோம்.

1957ஆம் ஆண்டு அக்டோபர் 4ஆம் தேதியை வான வெளிப் பயணத்திற்குத் தொடக்க நாளாகக் கருதலாம். அது உலக வரலாற்றில் பொன்னெழுத்தால் பொறிக்க வேண்டிய நாளாகும்; ஏனெனில் ரஷ்ய விஞ்ஞானிகள் ஸ்புட்னிக் I (Sputnik I) என்னும் பொம்மைச் சந்திரனைப் பூமியைச் சுற்றி ஓடவிட்டனர். இது ஒரு மகத்தான சாதனை. இதனைத் தொடர்ந்து, அமெரிக்க

விஞ்ஞானிகள் எக்ஸ்ப்ளோரர் I (Explorer I) என்னும் பொம்மைச் சந்திரனை ஓட விட்டார்கள். இதுவும் ஒரு மிகவும் வியக்கத்தக்க செயல். இந்தப் பொம்மைச் சந்திரன்களும் நம்முடைய சந்திரன் பூமியைச் சுற்றி வருவதுபோல் பூமியைச் சுற்றி ஓடிவருகின்றன.

எக்ஸ்ப்ளோரர் என்ற குட்டிச் சந்திரன் பூமியைச் சுற்றி ஓடி வர எடுத்துக் கொண்ட நேரம் 115 நிமிஷங்கள். இதன் வேகம் மணிக்கு 18000 மைல். இது எப்பொழுதும் பூமியிலிருந்து ஒரே தூரத்தில் இருப்பதில்லை. சில வேளைகளில் இது பூமியைஅணுகி அதிலிருந்து 219 மைல் தூரத்தில் வந்துவிடும். வேறு சிலவேளை களில் பூமியிலிருந்து எட்டச் சென்று 1587 மைல் தூரம் வரை விலகிப் போய்விடும். இதன் பாதை ஒரு நீள்வட்டமாகும்.

இதைத் தொடர்ந்து ரஷ்ய விஞ்ஞானிகளும், அமெரிக்க விஞ்ஞானிகளும் பல விண்கலன்களைப் பூமியைச் சுற்றி ஓட விட்டனர். இதில் குறிப்பிடத்தக்கது ‘சோயுஸ் IX’ (Soyuz) என்னும் விண்கலனாகும். சோயுஸ் IX என்னும் விண்கலன் சால்யூட் I (Salyut I) என்னும் பூமியைச் சுற்றிவரும் சோதனைக் கூடத்துடன் இணைந்து, சோயுஸில் இருந்த ரஷ்ய விஞ்ஞானிகள் சால்யூட் I-க்குச் சென்று 23 நாட்கள் சோதனை களை நடத்திப் பிறகு சோயுஸ் வாயிலாகப் பூமிக்குத் திரும்பி னார்கள்.

இதேபோல் Salyut 4 என்ற சோதனைக் கூடத்தில் Soyuz 17-ல் சென்ற ரஷ்ய விஞ்ஞானிகள் 30 நாட்கள் ஆராய்ச்சி கள் நடத்திப் பூமிக்குத் திரும்பினர்.

அமெரிக்கர்களும் வானவெளியில் இயங்கும் சோதனைக் கூடங்களை அனுப்பினர். அவற்றில் இருந்த விஞ்ஞானிகள் பூமி யைச் சுற்றிப் பல விவரங்களைச் சேகரித்துள்ளனர். இவ்வாறாக மூன்று இயங்கும் சோதனைக் கூடங்கள் Skylab I, Skylab II, Skylab III என அனுப்பி அதில் விஞ்ஞானிகள் சென்று பல நாட்கள் பூமியைச் சுற்றிச் சோதனை நடத்தினர்.

Skylab I-ல் சென்ற விஞ்ஞானிகள் 24 நாட்கள் விண் வெளியில் இருந்து சூரியனைப் பற்றி ஆராய்ச்சி நடத்தினர். 1973ஆம் ஆண்டு மே 25ஆம் தேதி Skylab I பணி தொடங் கியது.

Skylab II என்னும் சோதனைக் கூடத்தில் விண்வெளி விஞ்ஞானிகள் 59 நாட்கள் இருந்து, பருவநிலை, பயிர்வளர்ச்சி ஆகியவைபற்றியும், கலப்பு உலோகங்களை விண்வெளியில்

செய்து அதன் தன்மைபற்றியும் பல சோதனைகளை நடத்தினர். மேலும் சூரியனை 77000 முறை படம் பிடித்து ஒப்பற்ற படங்களாகக் கொண்டுவந்தனர்.

Skylab III என்னும் இயங்கும் சோதனைக் கூடத்திற்குச் சென்ற விஞ்ஞானிகள் அதில் 84 நாட்கள் விண்வெளியில் பூமியைச் சுற்றிச் சோதனைகள் நடத்தி அதிக நாட்கள் விண்வெளியில் இருந்தவர்கள் என்று ஒரு சாதனையையும் ஏற்படுத்தினர்.

எல்லாவற்றிற்கும் மேலாக அமெரிக்க விண்கலன் அப்பலோவும், ரஷ்ய விண்கலன் சோயுஸ் 19-ம் வானவெளியில் ஜூலை 17, 1975ஆம் ஆண்டு ஒன்றுடன் ஒன்று இணைந்து, இரு தேச விஞ்ஞானிகளும் ஒரு விண்கலனிலிருந்து மற்றொன்றுக்குச் சென்று ஒருவருடன் ஒருவர் அளவளாவிக்கொண்டு சோதனைகள் நடத்தியது ஒரு மகத்தான சாதனை ஆகும்.

1977 அக்டோபர் 9ஆம் நாள் ரஷ்யர்கள் சோயுஸ் 25 என்னும் விண்கலத்தை இரண்டு வானவெளி விஞ்ஞானிகளுடன் அனுப்பி, சால்யூட் 6 என்னும் சோதனைக் கூடத்துடன் இணைந்து சோதனை நடத்த அனுப்பினர். ஆனால் இம்முயற்சி கைவிடப்பட்டது.

ஆனால் ரஷ்யர்களின் அடுத்த முயற்சி வெற்றிபெற்றது. சோயுஸ் 26 என்ற வானவெளிக் கப்பல் சால்யூட் 6 என்னும் சோதனைக் கூடத்துடன் இணைந்தது. மேலும் சோயுஸ் 27-ம் இவ்விரண்டு விண்கலன்களுடன் இணைந்து ஒரு புதுச் சாதனையைத் தோற்றுவித்தது.

மற்றும் 1978ஆம் ஆண்டு ஜூன் மாதம் 15ஆம் தேதி விடப்பட்ட சோயுஸ் 29 என்னும் வானவெளிக் கப்பலில் சென்ற Vladimir Kovalenok, Alexander Ivanchenkov என்ற வானவெளி வீரர்கள் சால்யூட் 6 என்ற சோதனைக் கூடத்துடன் இணைந்து நீண்ட நாட்கள் வானவெளியில் இருந்து புகழ்மிக்க சாதனை புரிந்திருக்கின்றனர். அவர்கள் வானவெளியில் சுமார் 4½ மாத காலம் சோதனைக்கூடத்தில் இருந்து பரிசோதனைகளை நடத்தி, சோயுஸ் 31-ன் வழியே பூமிக்குத் திரும்பினர். அமெரிக்கர்கள் வானவெளியில் அதிகபட்சம் இருந்தது 84 நாட்களேயாகும். ஆனால் ரஷ்யர்கள் வானவெளியில் சுமார் 140 நாட்கள் இருந்து அமெரிக்கச் சாதனையை மிஞ்சிவிட்டனர்.

இந்த நீண்டகால விண்வெளிப் பயணத்தில் பல விஞ்ஞானச் சாதனைகளை உருவாக்கியுள்ளனர். பூமியில் செய்யவொண்ணாத உலோகக்கலவைகளை விண்வெளியில் உற்பத்திசெய்தனர்.

இந்தியா தனது முதல் விஞ்ஞானச் செயற்கைக் கோளை 1975ஆம் ஆண்டு ஏப்ரல் 19ஆம் தேதி பூமியைச் சுற்றிவர இயக்கியது. இந்தச் செயற்கைக் கோளுக்கு 'ஆர்யபட்டா' எனப் பெயர் சூட்டப்பட்டது. ஆர்யபட்டர் இந்தியாவில் (கி.பி. 476-520)-ல் வசித்த வான ஆராய்ச்சியாளரும், கணித மேதையுமாவார். அவரின் பெருமையை மனத்திற்கொள்ளும் வகையில் இந்தியாவின் முதல் விண்கலத்திற்கு அவர் பெயர் சூட்டப்பட்டது. ஆர்யபட்டாவின் உதவியால் மூன்றுவகையான ஆராய்ச்சி மேற்கொள்ள திட்டமிடப்பட்டது.

(i) குறைந்த சக்தி உள்ள X-கதிர்களைச் சோதிப்பது

(ii) நியூட்ரான் அணுக்களை ஆராய்தல்.

(iii) தொலைதூரத்தில் ரேடியோ தொடர்பு கொள்வதில் முக்கியப் பங்கு வகிக்கும் வானவெளி அயனோ மண்டலத்தில் (ionosphere) புற ஊதாக் கதிர்களை (ultra violet rays) சோதித்தல்.

ஆர்யபட்டாவின் உதவியால் நம் நாட்டின் பொருளாதாரச் சமூக வளர்ச்சிக்கும் அடிகோலலாம். உதாரணமாக அமெரிக்கர்கள் 1973, 74ஆம் ஆண்டுகளில் பூமியிலுள்ள வளப் பொருள்கள், சாதனங்களை ஆராய அனுப்பிய துணைக் கோள்கள் (Earth Resources Technology Satellite) பாகிஸ்தானில் உள்ள செப்புப் படிவங்களையும், வங்காள விரிகுடாவில் புதிய நிலப் பரப்பு உண்டாகி வருவதையும் வெளிப்படுத்தின.

1979ஆம் ஆண்டு ஜூன் மாதம் 7ஆம் தேதி இந்தியா மற்றொரு விண்வெளிச் சாதனை புரிந்தது. அன்றைய தினம் இந்தியா தனது இரண்டாவது செயற்கைக் கோளை, சோவியத் நாட்டு விண்கலம் ஏவும் நிலையத்தில் இருந்து விண்வெளியில் அனுப்பியது. இந்தியாவின் புகழ்மிக்க வான ஆராய்ச்சியாளரான 'பாஸ்கரா'வின் பெயரை இச் செயற்கைக் கோளுக்கு இட்டனர். புவி ஆராய்ச்சியே (Earth observation) இச் செயற்கைக் கோளின் முக்கிய நோக்கமாகும்.

1957ஆம் ஆண்டு ரஷ்யா அனுப்பிய (Sputnik I) என்னும் முதல் வானவெளி விண்கலத்திலிருந்து கணக்கெடுத்தால், இந்தியா உட்பட 11 நாடுகள் மொத்தம் 9858 செயற்கைக் கோள்களைப் பூமியைச் சுற்றி அனுப்பியுள்ளன. 1977ஆம் ஆண்டு ஏப்ரல் மாதம் சேகரித்த விவரப்படி இவற்றில் 4221 செயற்கைக் கோள்கள் இன்னமும் பூமியைச் சுற்றிவருகின்றன. இவை ஒன்றற்கொன்று மோதிக்கொள்ளாமல் பூமியைச் சுற்றி வருவது ஒரு விந்தையே!

ஒரு துணைக்கோளைப் பூமியைச் சுற்றி ஓடிவரும்படி செய்வதற்கு, அதற்கு மணிக்கு 29,000 கி.மீ. வேகம் அடையுமளவுக்கு ஓர் ஏவுகணை (Booster rocket) தேவைப்படுகிறது. இந்த மாபெரும் வேகம் மிக அத்தியாவசியமானது. இந்த வேகத்தைத் துணைக் கோள் பெறாவிடில் அது பூமி நோக்கி விழுந்துவிடும். துணைக் கோளின் வேகம் மணிக்கு 44,000 கி.மீ. அதிகமானால், அது பூமியை விட்டே சென்றுவிடும்.

இவ்வகைச் சோதனைகளிலிருந்து பல விவரங்களைச் சேகரித்தனர். பூமியின் மேற்பரப்பிலிருந்து ஒரு மைல் உயரத்துக்கு மேல் இரண்டு அல்லது மூன்று மைல் உயரம்வரை உள்ள பகுதியிலேயே கருமேகங்களும், வெண்மேகங்களும் சஞ்சரித்துக் கொண்டிருப்பதாகத் தெரிகிறது. மூன்று மைல் உயரத்திற்கு அப்பால் கருமேகங்கள் கிடையா. ஏழு மைல்களுக்கு அப்பால் ஒருவிதமான மேகங்களும் சஞ்சரிப்பதில்லையாம். ஏழு மைல் உயரத்தில் பவன இறுக்கம் பூமியின் மேற்பரப்பில் உள்ள இறுக்கத்தில் கால்பங்கே இருப்பதாகத் தெரிகிறது.

பவன மண்டலத்தில் உயரச் செல்லச் செல்ல வெப்பநிலை குறைந்துகொண்டே போகிறது. பூமியின் மேற்பரப்பில் சாதாரணமாக வெப்பநிலை 30° சென்டிகிரேடு இருக்கும். இரண்டு மைல் உயரத்துக்குமேல் வெப்பநிலை பனி உருகு நிலை அதாவது 0°சென்டிகிரேடுக்குக் குறைந்துவிடுகிறது. எட்டு மைல் உயரம் சென்றவுடன் வெப்பநிலை —45° சென்டிகிரேடு அளவுக்குக் குறைந்துவிடுகிறது.

பூமியின் மேற்பரப்பிலிருந்து 10 மைல் உயரம் வரை பவன மண்டலத்தில் ஹைட்ரஜன் பிராணவாயு, இவற்றின் விகிதத்தில் எவ்வித மாற்றமும் ஏற்படாமல் ஒரே அளவாக இருக்கிறது. ஆனால் நீராவியின் அளவுமட்டும் இடத்துக்கு இடம் மாறிக்

கொண்டிருக்கிறது. இவ்வுயரம்வரை வெப்ப ஓட்டத்தின் காரணமாக (Convection Currents) பவன மண்டலத்தில் உள்ள வாயுக்கள் மேலும் கீழுமாகச் சென்று ஒன்றோடொன்று நன்ருகக் கலந்துவிடுகின்றன. ஆனால் பத்து மைல் உயரத்துக்கு மேல், இவ்வியக்கம் பவன மண்டலத்தில் தென்படவில்லை.

அதிக உயரங்களில் மிகவும் இலேசான ஹைட்ரஜன், ஹீலியம் வாயுக்களும், சிறிதளவு ஓஸோன் வாயுவும் தென்படுகின்றன. சூரிய கிரணங்களில் உள்ள புற ஊதாப் பகுதியின் வீரியத்தினால் இவ்விடங்களில் உள்ள ஆக்ஸிஜன் ஓஸோனாக மாறுகிறது. இந்த மாறுதலால் அவ்விடத்து வெப்பநிலை உயர்ந்துவிடுகிறது.

இவ் வோஸோன் மண்டலத்தினால் நமக்கு ஒரு நன்மை உண்டாகிறது. மேற்பரப்பிலிருந்து உயரக் கிளம்பிச் செல்லும் ஒலி அலைகள் சற்று வெப்பநிலை அதிகமுள்ள ஓஸோன் படலத்தில் பிரதிபலிக்கப்பட்டு மீண்டும் பூமியின் மேற்பரப்பை நோக்கி வருகின்றது. இப் பிரதிபலனம் ஏற்படாவிட்டால் ஒலி அலைகள் உயரச்சென்று வெற்றிடத்தில் மறைந்துவிடும்.

எரிநட்சத்திரங்கள், எரிகற்கள் ஆகியவை பவன மண்டலத்தில் நுழைந்தவுடன் அவற்றின் போக்கில் தடை ஏற்படுகிறது. இவை பவன மண்டலத்தைச் சூடாக்கிவிடுகின்றன. இவ்வெப்பத்தினால் அவையும் எரிந்து நமக்குப் பிரகாசமாகத் தோற்றமளிக்கின்றன. பவன மண்டலத்தில் எழுபதுமைல் உயரத்திலிருந்து நூறு மைல் உயரம் வரை உள்ள இடங்களிலேயே இவை பிரகாசமாகத் தோன்றுவதைக் கவனித்தார்கள்.

எரி நட்சத்திரங்களும், எரிகற்களும் ஓயாமல் பூமியின் மேற்பரப்பில் விழுந்துகொண்டிருக்கின்றன. அவற்றினால் நமக்குச் சேதம் ஏற்படாமல் பவன மண்டலம் பாதுகாத்து வருகிறது. மேலும் இப்பவன மண்டலம் பூமியின் மேற்பரப்புக்கு ஒரு கூரையைப் போல் இருந்துவருகிறது. சூரிய வெப்பத்தில் ஒரு பகுதியையே இது நம்மீது விழும்படி செய்கிறது. இது இல்லாவிட்டால் பூமியின் மேற்பரப்பின்மீது விழும் வெப்பத்தை நம்மால் தாங்க முடியாது.

வடதுருவ வெள்ளொளி அல்லது வடவைக் கனல் என்னும் இயற்கை நிகழ்ச்சி ஏற்படக் காரணத்தை விஞ்ஞானிகள் பின்வருமாறு விளக்குகிறார்கள்.

பவன மண்டலத்தில் நூறு மைல் உயரம் சென்றவுடன் இறுக்கம் மிகக் குறைந்து காணப்படுகிறது. மிகக் குறைந்த இறுக்கங்களில் அடைபட்டிருக்கும் வாயுக்களின் மூலம் மின்சாரம் பாயும் போது சில விநோதத் தோற்றங்கள் காணப்படுகின்றன. சூரியனிலிருந்து ஏராளமான எலக்ட்ரான்கள் வெளிப்பட்டுக் கொண்டே இருக்கின்றன. இவை பவன மண்டலத்தை அடைந்தவுடன் பூமியின் காந்தத் துருவங்களினால் கவரப்படுகின்றன. அப்போது பவன மண்டலத்தில் ஒரு மின்சார ஓட்டம் ஏற்படுகிறது. காந்த துருவங்களுக்குப் பக்கத்தில் உள்ள பூகோளத் துருவங்களில் இதன் பயனாக மிகப் பிரகாசமான ஒளித் தோற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. இத் தோற்றத்தையே வடவைக் கனல் அல்லது வடதுருவ ஒளி எனக் கூறுகிறார்கள்.

மேலும் இப் பிரதேசங்களில் எலெக்ட்ரான்களினால் அணுக்கள் அயன்களாக மாறிவிடுகின்றன. இதன் விளைவாக அயன்களாலான மண்டலம் அங்கே ஏற்படுகிறது. ஓஸோன் மண்டலத்தில் ஒலி அலைகள் பிரதிபலிக்கப்பட்டு மீண்டும் பூமியின் மேற்பரப்புக்கு வருவதைப்போல், இந்த அயன மண்டலத்தில் ரேடியோ அலைகள் மோதுண்டு பிரதிபலன் ஆகி மீண்டும் பூமியின் மேற்பரப்பை அடைவதாகத் தெரிகிறது. ரேடியோ அலைகள் பவன மண்டலத்தைக் கடந்துசென்று மறைந்து போகாமல் இந்த அயன மண்டலம் தடுக்கின்றது. இத்தகைய அயன மண்டலங்கள் இரண்டு இருப்பதாகக் கண்டுபிடித்திருக்கிறார்கள். ஒரு மண்டலம் பூமியின் மேற்பரப்பிலிருந்து நூறு மைல் உயரத்தில் இருக்கிறது. மற்றொன்று பூமியின் மேற்பரப்பிலிருந்து இருநூறு மைல் உயரத்தில் இருக்கவேண்டுமென்று கருதப்படுகிறது.

சந்திரன்

பூமி ஒரு காலத்தில் தன்னைத்தானே அதிவேகத்துடன் சுற்றி வந்துகொண்டிருந்ததென்றும், அச்சமயம் அதனின்று தெறித்து வெளியேறிய பகுதியே சந்திரன் என்றும் கருத இடமிருக்கிறது. சந்திரனின் சராசரித் திண்மையும், பூமியின் மேற்பகுதியின் திண்மையும் ஏறக்குறையச் சமமாக இருப்பதனால் இக் கருத்துச் சற்று வலிவடைகிறது. இப்போது பசிபிக் பெருங்கடல் இருக்குமிடத்து இருந்து பூமியின் ஒரு பாகம் பிரிந்து போயிருக்கவேண்டுமென்று கருதுகின்றனர்.

பூமியினின்று வெளியேறிய பின்னர், சந்திரன் பூமியைச் சுற்றி ஓடிவந்துகொண்டிருக்கிறது. மேலும் அது தன்னைத் தானேயும் சுற்றிக்கொண்டு வருகிறது. விண்மீன் பின்னணியில் சந்திரன் ஒரு முறை பூமியைச் சுற்றி வருவதற்கு $27\frac{1}{3}$ நாட்கள் எடுத்துக்கொள்கிறது. சந்திரன் தன்னைத்தானே சுற்றிக் கொள்வதற்கும் இதே காலம் ஆகிறது. அதாவது சந்திரன் பூமியை ஒருமுறை சுற்றுவதற்குள் தன்னைத்தானே ஒருமுறை சுற்றிக்கொள்கிறது. இதனால் சந்திரன் பூமிக்கு எப்பொழுதும் ஒரே பாதிப் பாகத்தையே காட்டிச் சுற்றி வருகிறது. ஆகையினால் நம்மை நோக்கி இருக்கும் அரைக் கோளத்தின் தன்மைகளைக் கொண்டே மற்றப் பாதியின் தன்மைகளை ஊகிக்க வேண்டியிருந்தது.

ஆனால் 1959ஆம் ஆண்டு அக்டோபர் மாதம் 4ஆம் தேதி ரஷ்யர்கள் அனுப்பிய லுயுனிக் III (Lunik III) என்னும் வானவெளி ஊர்தி சந்திர மண்டலத்தை அடைந்து யாவரும் காணாத சந்திரனின் மறு பக்கத்தையும் புகைப்படம் எடுத்துத் தகவல் சேகரித்துள்ளது. இது விஞ்ஞான சரித்திரத்தில் ஒரு மகத்தான சாதனை.

சந்திரன் பூமிக்கு அருகில் உள்ளதால், வானில் உள்ள மற்றக் கோள்களைவிடச் சிறியதாயினும் பெரிதாகத் தோற்றமளிக்கிறது. சூரியனைப் போலல்லாமல், வெற்றுக் கண்ணால் பார்க்க முடியும். ஆகவே உற்று ஆராய முடியும். மேலும் சந்திரன் நிலவை அள்ளி வீசி யாவருக்கும் மகிழ்ச்சியூட்டுகிறது. இதனால் சந்திரனைப் போல் ஆராயப்பட்ட கோளம் வேறொன்றில்லை எனலாம்.

ரஷ்யர்கள் பல விண்கலன்களை அனுப்பிச் சந்திரனை ஆராய்ந்துள்ளனர். இவர்கள் தொடர்ச்சியாக லூனா I, லூனா II என்று இதுவரை லூனா 24வரை அனுப்பிச் சந்திரனைப் பற்றிப் பல விவரங்களைச் சேகரித்துள்ளனர்.

இதேபோல் அமெரிக்கர்கள் 'அபொலோ' (Apollo) என்னும் விண்கலன்களைத் தொடர்ச்சியாக அனுப்பிச் சந்திரனை ஆராய்ந்துள்ளனர். இதில் Apolo XI என்ற ஊர்தியில் சென்ற விண்வெளி வீரர்கள் Neil Armstrong, Edwin E. Aldrin, Michael Collins என்பவர்கள் விண்வெளிப் பயணத்தில் ஒரு சரித்திரத்தையே ஏற்படுத்தியுள்ளனர். Neil Armstrong என்பவர்தாம் சந்திரனில் இறங்கி நடந்த முதல் மனிதர் ஆவார். இந்தச் சாதனை ஜுலை

21, 1969ஆம் ஆண்டு நிகழ்ந்தது. அவர் கூறிய வார்த்தைகள் ‘That is one small step for a man but a giant leap for mankind’.

அமெரிக்கர்கள் சந்திரனுக்கு அனுப்பிய கடைசி ஊர்தி அபொலோ XVII ஆகும். இதில் சென்ற வானவெளி வீரர்கள் வெட்டவெளியில் இதுவரை யாரும் சாதிக்காத அளவுக்கு நீண்ட நேரம் (23 மணி 12 நிமிடங்கள்) உலாவினார்கள் (Space walk). மேலும் சந்திரனை அதிக நேரம் (147 மணி 48 நிமிடங்கள்) சுற்றிய பெருமையும் அபொலோ XVII-க்குச் சேரும். மற்றும் அது அதிக அளவில் (259 பவுண்டு நிறையுள்ள) சந்திரனின் மேற்பரப்பில் உள்ள மண், பாறை போன்றவைகளைச் சோதனைக்காகக் கொண்டுவந்து இறக்கியது.

இத்தகைய ஆராய்ச்சியின் பயனாக நாம் இன்று சந்திரனைப் பற்றி அறிந்துள்ள சில விவரங்களைக் கூறுவோம்.

பூமியிலிருந்து இதன் தூரம் 240,000 மைல். அதன் விட்டம் சுமார் 2,150 மைல். சுற்றளவு 6,750 மைல். சந்திரனுக்கெனச் சொந்த ஒளி கிடையாது. அதன்மீது விழும் சூரியனது ஒளியைக் கொண்டே நாம் அதைப் பார்க்க முடிகிறது. சூரியனிலிருந்து ஒளியைப் பெறுவதுடன் சிறிதளவு ஒளியைப் பூமியிலிருந்தும் பெறுகிறது. அமாவாசைக்குப் பின்னர் மூன்றாம் நாள் பிறை வடிவத்துடன் சந்திரன் தோன்றுவதை ஊன்றிக் கவனித்தால் பிறையுடன் சந்திரனின் முழுவட்டமும் லேசாகத் தோன்று வதைப் பார்க்கலாம். பளிச்சென்று தோன்றும் பிறைக்குக் காரணம் சூரியனது ஒளி. பூமியினிடமிருந்து அது பெறும் ஒளி யினால் அம்முழுவட்டத்தோற்றம் ஏற்படுகிறது. பூமிக்குக் காற்று மண்டலம் (atmosphere) இருப்பதுபோலச் சந்திரனுக்கு இல்லை. சந்திரன் விண்மீன்களைக் கடக்கும்போது திடீரென்று அவை மறைகின்றன. காற்றுமண்டலம் இருந்தால் ஒளிவிலக்கம் ஏற்பட்டு அவை மெள்ளமெள்ள ஒளி மங்கி மறையும். மேலும் சந்திரனது ஒளியை நிறமாலைமானியின் மூலம் சோதிக்கும் போது சூரியனது ஒளிக்கு உண்டான நிறமாலையே சற்று மங்க லாகத் தோன்றுகிறது. சந்திரனுக்குப் பவன மண்டலம் இருக்கு மாயின் அதன் நிறமாலையில் அதற்கு உண்டான சில மாறுதல் கள் ஏற்படவேண்டும். மேலும் போலோமீட்டர் (Bolometer) என்னும் கருவியைக் கொண்டு சந்திரனது வெப்ப நிலையை நிர்ணயித்தார்கள். சந்திரன் மீது சூரிய வெளிச்சம் விழும் பகுதியின் வெப்பநிலை சுமார் 130° சென்டிகிரேடு என அளவிட்

டார்கள். ஆனால் சந்திர கிரகணத்தின்போது சூரிய வெளிச்சம் அதன்மீது விழுவதில்லை. அப்போது அதன் வெப்பநிலை —120°ஆகக் குறைவதைக் கவனித்தார்கள். எனவே அதன் மேற் பரப்பில் ஏற்படும் இத்தகைய வெப்பநிலை மாறுபாடு அதற்கு பவன மண்டலம் இல்லை என நன்கு எடுத்துக்காட்டுகிறது.

சந்திரனுக்கு பவன மண்டலம் ஏன் இல்லை என்பதற்குக் காரணம் கூறலாம். அதன் உருவம் மிகச் சிறியது; நிறையும் குறைவு. இதனால் பவன மண்டலத்தைக் கவர்ந்து நிலை நிறுத்தக்கூடிய அளவுக்குப் பொருட்கவர்ச்சியின் வலிமை அதற்கு ஏற்படவில்லை. சந்திரனின் ஈர்ப்புச் சக்தி பூமியின் ஈர்ப்புச் சக்தியில் ஆறில் ஒரு பாகம்மட்டுமே. ஒருவரின் எடை பூமியில் 144 பவுண்டாக இருப்பின் அவர் சந்திரனை அடைந்தால் அவருடைய எடை 24 பவுண்டாகக் காணப்படும். எடை இல்லாமை (weight lessness) உணர்ச்சி ஏற்படும். சந்திரனின் மேற்பரப்பில் விநாடிக்கு $1\frac{1}{2}$ மைல் வேகத்துடன் கிளம்பும் ஒரு பொருள் சந்திரனது கவர்ச்சியை மீறிக்கொண்டு நிரந்தரமாக வெளியேறிவிடும். ஆகவே பவன மண்டலத்தை இழுத்து நிறுத்தும் சக்தியின்மையால் அங்குப் பூமியில் இருப்பதுபோல் காற்று மண்டலம் இல்லை.

தொலைநோக்கியின் மூலம் சந்திரனது மேற்பரப்பைக் கவனிக்கும்போது அதில் மலைகள் இருப்பது எளிதில் புலப்படு கிறது. ஒரு மலையின் உயரத்தை அதன் நிழலைக் கொண்டு எளிதில் நிர்ணயிக்கலாம். இவ்வாறு அளந்து பார்த்ததில், பூமியில் இருக்கும் உயர்ந்த மலைத் தொடர்களுக்கு ஈடாகச் சந்திரனின் மேற்பரப்பிலும் மலைத் தொடர்கள் இருப்பது தெரியவருகிறது. பூமியில் உள்ள மலைகளின் உயரத்தை அறியு முன்னர் சந்திரனில் உள்ள பல மலைகளைக் கண்டறிந்து அவை களின் உயரங்களையும் கணக்கிட்டனர்! இம்மலைகள் சில விசித் திரமான கிடாரங்களுடன் (Craters) காட்சியளிக்கின்றன. இக் கிடாரங்களின் ஆழம் சுமார் நூறுஅடி முதற்கொண்டு நூற்றைம் பது மைல்வரை இருக்கவேண்டுமென்று அறிகிறார்கள். இக் கிடாரங்களின் பள்ளங்களில் தோன்றும் சமவெளியைத் தவிர வேறு கருமையான நிறமுடைய சமவெளிப் பரப்புகளும் காணப் படுகின்றன. பண்டைக் காலத்தில் ஏற்பட்ட எரிமலைகளின் விளைவாகக் கல்லுருக்கித்திரவம் (Lava) ஓடிப்படிந்து இறுகிய தால் இக் கருமையான தட்டை நிலங்கள் ஏற்பட்டிருக்கக்கூடும். இவற்றிற்கு மேரியா (Maria) என்று பெயர்.

சந்திரனில் தோன்றும் களங்கங்கள் அதில் உள்ள மலைகள், கிடாரங்கள் எரிமலை வாய்கள் ஆகியவை தொலை தூரத்தில் காட்சி அளிக்கும்போது ஏற்படும் தோற்றமே. இவை அம்மை வடுக்கள் போல் சந்திரனின் முகத்தில் தோன்றுகின்றன.

சந்திரனின் மேற்பரப்பில் தண்ணீர் சிறிதளவும் இல்லை என்பதைத் தொலைநோக்கி காட்டுகிறது. அதில் நீர்த் தேக்கங்கள் இருப்பின் அவற்றின்மீது சூரியனது ஒளி பிரதிபலனம் அடைந்து தொலைநோக்கி மூலம் நன்கு விளங்கும். தண்ணீர் சிறிதும் இல்லாமையினால் மழையும் ஏற்பட இடமில்லை; எனவே சந்திரனில் ஒருவித வாழ்க்கையும் இருக்கச் சாத்தியம் இல்லை.

சந்திரனுக்கு 38 மைல் கனமுள்ள மேலோடு (crust) அமைந்துள்ளது. அதற்குக் கீழே பூமிக்கு அமைந்துள்ளது போல் உட்பகுதி உள்ளது. பூமியின் உட்பகுதியின் வெப்பநிலை உயர்வாக இருப்பதுபோல், சந்திரனின் உட்பகுதியின் வெப்ப நிலையும் உயர்வாகக் காணப்படுகிறது. அதன் மையத்தின் வெப்பநிலை 800°C என்று கணக்கிட்டிருக்கிறார்கள்.

பூமியும் சந்திரனும் ஒன்றையொன்று கவருகின்றன. சந்திரனுடைய கவர்ச்சியினால் கடல்களில் டைடல் (Tidal) இயக்கங்கள் உண்டாகின்றன. கடல்நீரைச் சந்திரன் கவருவதைப்போல் சூரியனும் கவருகிறது. பூமிக்குச் சூரியனைவிடச் சந்திரனே மிக நெருங்கி இருப்பதால் கடல்நீர் சூரியனால் கவரப்படுவதைக் காட்டிலும் சந்திரனால் அதிக அளவுக்குக் கவரப்படுகிறது. பௌர்ணமி, அமாவாசைக் காலங்களில் சூரியன், சத்திரன், பூமி இம்மூன்றும் ஒரே கோட்டில் வருகின்றன. அக்காலங்களில் சூரியனுடைய கவர்ச்சியும், சந்திரனது கவர்ச்சியும் சேர்ந்து தொழிற்படுவதால், கடல்களில் டைடல் (Tidal) இயக்கங்கள் அதிக வலிமை கொண்டிருக்கும். பௌர்ணமி, அமாவாசைக் காலங்களில் ஏற்படும் டைடல் இயக்கங்களை ‘ Spring Tides ’ என்று கூறுவார்கள். பௌர்ணமிக்கு ஒருவாரம் கழிந்த பின்னர் அல்லது அமாவாசைக்கு ஒருவாரம் கழிந்த பின்னர் சூரியனது கவர்ச்சிச் சக்தியும், சந்திரனது கவர்ச்சிச் சக்தியும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்துத் திசைகளில் செயல்படும். அக்காலங்களில் டைடல் இயக்கங்களின் வலிமை குன்றிவிடும். இவ்வியக்கங்களை நீப் டைட்ஸ் (Neap Tides) என்று கூறுவார்கள்.

பூமியைச் சுற்றிச் சந்திரன் நீள்வட்டப் பாதையில் ஓடிவருகிறது இதனால் சந்திரன் பூமியிலிருந்து எப்போதும் ஒரே தூரத்தில் இருப்பதில்லை. இதனால் சந்திரனின் கவர்ச்சியின்

வலிமையில் மாறுதல்கள் ஏற்படுகின்றன. சந்திரன் பூமிக்கு மிக நெருங்கிவரும்போது டைடல் இயக்கங்களின் வலிமை அதிகமாக இருக்கிறது. இதேபோல் பூமிக்குத் தொலைவில் சந்திரன் செல்லும்போது இவ்வியக்கங்களின் வலிமை குறைவாக இருக்கின்றது. இவ்விரண்டு காலங்களிலும் டைடல் இயக்கங்களின் வலியை முப்பதுசதம் வித்தியாசப் படுவதாகக் கணக்கிட்டிருக்கிறார்கள்.

வளர்பிறை, தேய்பிறை

சந்திரன் நமக்குப் பல விதங்களில் பயன்பட்டுவருகிறது. நமக்கு அது இரவில் வெளிச்சத்தைக் கொடுப்பதோடு வளர் பிறை, தேய்பிறைகளைக் காட்டிக் காலத்தையும் அளந்து வருகிறது.

சூரியனின் ஒளி சந்திரனின் பாதிப் பாகத்தின்மேல் விழுகிறது. சந்திரனின் பாதிப்பாகம் பூமியை நோக்கி இருக்கிறது. சூரியனை நோக்கி இருக்கும் பாதிப்பாகமும் நம்மை நோக்கி இருக்கும் பாதிப் பாகமும் வெவ்வேறாகும். சந்திரன் சூரியனிருக்கும் திசையில் இருக்கும்போது அதன் ஒளி பெறாத அரைக்கோளம் நம்மை நோக்கியிருக்கிறது; அன்று அமாவாசை. பிறகு சந்திரன் சூரியனைவிட்டுக் கிழக்காக விலகுகிறது. ஆகவே சூரியன் மறைந்த பின்னர் அதற்குக் கிழக்காக, மேற்கு அடிவானத்தில் சற்றே உயரத்தில் மெல்லிய பிறை வடிவில் காணப்படுகிறது. அமாவாசை கழிந்து மூன்று அல்லது நான்கு நாட்களுக்குப் பிறகு பின் தோன்றும் பிறை பிரகாசமாக இருக்கிறது. அது தான் சூரிய ஒளி சந்திரன்மீது நேராகப் படும் பகுதி. பூமி தன் மீது விழும் சூரிய ஒளியைப் பிரதிபலிக்கிறது. அப்படிப் பிரதிபலிக்கப்படும் ஒளியின் ஒரு பகுதி சந்திர பிம்பத்தின்மீது விழுகிறது. சந்திரன்மீது நேரில் விழும் சூரிய ஒளியால் பிறைப் பகுதியைப் பிரகாசமாகவும், பூமியினால் பிரதிபலிக்கப்பட்ட மற்றப் பகுதியை மங்கலாகவும் நாம் காண்கிறோம். நாளுக்கு நாள் பிறை வளர்கிறது. நமக்குத் தெரியும் சந்திரனின் ஒளி பெறும்பாகம் அதிகமாகிறது. இந்தக் காலம் வளர்பிறைக் காலம் (அல்லது சுக்கிலபட்சம்) எனப்படும். பௌர்ணமி அன்று சூரியன் மறையும்போது சந்திரன் கீழ்வானத்தில் முழு வட்டவடிவில் காணப்படுகிறான்.

பின்னும் சந்திரன் நகருவதால், சூரியன் மறையும்போது சந்திரன் உடனே தோன்றாமல் நாளுக்கு நாள் சராசரி 50 நிமிடங்கள் தாமதமாகி எழுகிறான். இப்பொழுது சந்திரன்

தேய்ந்துகொண்டு வருகிறான். அமாவாசை நெருங்கும்போது விடியுமுன் கீழ்வானத்தில் பிறை தோன்றுகிறது. அமாவாசை அன்று சந்திரன் தோன்றுவதில்லை. இந்தக் காலம் தேய்பிறைக் காலம் (அல்லது) கிருஷ்ணபக்ஷம் எனப்படும்.

பன்னிரண்டு மாதங்கள் : பண்டைக்காலத்தில், முழுமதி இரவு விழாக் கொண்டாடவும், ஊர்ப் பொதுமக்கள் கூடிப் பேசவும் ஏற்றதாக இருந்தது. நவீன நாகரிகம் பொருந்திய இக்காலத்திலும், இயற்கை முழுமதி நிலவை விரும்பி நிலாச் சாப்பாடு நகரிலும் ஏற்பாடு செய்யப்படுகிறதை அறிவோம்.

ஆகவே, சந்திரன் முழுமதி நாளன்று, எந்த நட்சத்திரத்தில் காணப்படுகிறதோ அதன் பெயரையே மாதத்திற்கு வைத்தனர்.

சித்திரை, கார்த்திகை மாதங்களில் இப் பெயர் கொண்ட நட்சத்திரங்களில் முழுமதி தோன்றுவதால் அம் மாதங்களை அப் பெயர்களைக் கொண்டே அழைத்தனர்.

தமிழ் மாதப் பெயர்களும், நிறைமதி சேரும் நட்சத்திரங்களின் பெயர்களும் கீழே தரப்பட்டுள்ளன.

தமிழ் மாதம்	நட்சத்திரம்
சித்திரை	சித்திரை
வைகாசி	விசாகம்
ஆனி	அனுடம் அல்லது கேட்டை
ஆடி	உத்திராடம்
ஆவணி	திருவோணம்
புரட்டாசி	பூரட்டாதி
ஐப்பசி	அசுவதி
கார்த்திகை	கிருத்திகை
மார்கழி	திருவாதிரை அல்லது மிருகசீரிடம்
தை	பூசம்
மாசி	மகம்
பங்குனி	உத்திரம்

4. செவ்வாய்

செவ்வாய் என்னும் கோள் செஞ்சுடர் ஒளியுடன் விளங்குகிறது. இக் கோள் வெள்ளி என்னும் கிரகத்தைப்போல் மிளிர்வதல்லவாயினும், நடுவானில் நள்ளிரவில் மஞ்சள் கலந்த சிவப்பொளியுடன் திகழ்வதைக் காணலாம்.

செவ்வாய் பூமிக்கருகில் உள்ள புறக்கோள். இது சூரியனிடமிருந்து பதினான்கு கோடியே பதினைந்து இலட்சம் மைல் தூரத்தில் இருக்கிறது. அதாவது சூரியனிலிருந்து பூமியை விட ஒன்றரைப் பங்கு தூரத்தில் உள்ளது. பூமிக்குப் பக்கத்தில் செவ்வாய் இருக்கும்போது அது பூமியிலிருந்து மூன்றரைக் கோடி மைல் தூரத்தில் இருக்கிறது. பூமிக்கு வெகு தொலைவில் செவ்வாய் இருக்கும்போது அது பூமியிலிருந்து இருபத்து மூன்றரைக் கோடி மைல் தூரத்தில் இருக்கிறது. பூமிக்கும் செவ்வாய்க்கும் உள்ள தூரம் இவ்வாறு மாறுவதனால், பூமியிலிருந்து பார்ப்பதற்கு அதன் பிரகாசம் மாறிக்கொண்டு வருகிறது. இதன் விட்டம் 4,200 மைல். இதன் நிறை பூமியின் நிறையில் ஒன்பதில் ஒரு பங்கு ஆகும். இதன் மீதுள்ள பொருட் கவர்ச்சியின் வலிமை பூமியின் மேற்பரப்பில் உள்ள பொருட் கவர்ச்சியின் வலிமையில் நாற்பது சதவீதமே எனக் கணக்கிட்டிருக்கிறார்கள்.

இது சூரியனை ஒரு முறை சுற்றி வருவதற்கு 687 நாட்கள் ஆகின்றன. ஆகவே, செவ்வாயின் வருடம் நமது வருடத்தைப் போல் $1\frac{3}{4}$ வருடத்திற்குச் சற்று அதிகம். அது தன்னைத் தானே $24\frac{1}{2}$ மணி நேரத்தில் சுற்றிக்கொள்கிறது. அதாவது பூமியைப் போல் இதுவும் ஒரே நாளில் தன்னைத் தானே சுற்றிவிடுகிறது.

செவ்வாய் சூரியனைச் சுற்றி வரும் மண்டலத்தின் தளம் அதன் சுழற்சி இருசுக்கு லம்பமாக இராமல் சற்றுச் சாய்ந்திருக்கிறது. எனவே, பூமியில் ஏற்படும் பருவகாலங்களைப் போல் செவ்வாய்க் கிரகத்திலும் பருவகாலங்கள் ஏற்படுகின்றன.

செவ்வாய்க் கிரகத்திற்கு ஒரு பவன மண்டலம் இருக்க வேண்டுமெனத் தெரிகிறது.

புற ஊதாக் கிரணங்களை (Ultra violet rays) மட்டும் ஏற்கக்கூடிய சாதனத்தின் துணைகொண்டு செவ்வாய்க் கிரகத்தைப் படம் பிடித்தால் செவ்வாயின் உருவம் பெரியதாகத் தென்படுகிறது. இதைப்போலவே அகச்சிவப்பு (Infra red) கிரணங்களை மட்டும் ஏற்கக்கூடிய சாதனத்தின் துணைகொண்டு படம் பிடித்ததில், செவ்வாயின் உருவம் சிறியதாகவும் தென்படுகிறது. இதிலிருந்து செவ்வாய்க் கிரகத்தின்மீது ஒரு பவன மண்டலம் அமைந்திருக்க வேண்டுமென்று ஊகித்து அறிந்தார்கள். இவ்விருவகைப் படங்களிலும் செவ்வாயின் பிம்பத்தில் ஏற்படும்

அளவு வித்தியாசத்தை அளந்து அதன் பவன மண்டலம் சுமார் 60 மைல் உயரம் வரை வியாபித்திருக்க வேண்டுமென்று கணக்கிட்டிருக்கிறார்கள்.

நிறமாலைமானி துணைகொண்டு சோதித்ததிலும் செவ்வாய்க்கு பவன மண்டலம் இருக்கவேண்டுமென்பது தெரிய வந்தது. செவ்வாயின் பவன மண்டலத்தில் ஆக்ஸிஜனும், நீராவியும் இருக்கின்றன. ஆனால், அவை நம்முடைய வாயு மண்டலத்தில் உள்ள அளவை விட மிகக் குறைவு.

இதன் மேற்பரப்பில் உள்ள வெப்ப நிலையை அளந்து பார்த்ததில் பகல் வேளையில் அங்கு வெப்ப நிலை 15°C-ம் இரவில் —13°C முதற்கொண்டு —85°C வரை குறைந்தும் காணப்படுகிறது. நாம் வாழும் பூமியில் தோன்றும் பயிர்களாவது பிராணிகளாவது இத்தகைய வெப்பநிலை மாறுபாடுகளுக்கு உட்பட்டுப் பிழைத்திருத்தல் அரிது.

செவ்வாய் பூமிக்கு மிகவும் நெருங்கி வரும்போது அதன் துருவங்களில் மூடியிருக்கும் வெண்பனிக் குல்லாக்களையும், அதன் மேற்பரப்பில் உள்ள செந்நிறமான கோடுகள் சிலவற்றையும் காணலாம்.

செவ்வாயில் உயிர் வாழ்வன உண்டா என்பதைப்பற்றி பலமான சர்ச்சை நடந்துவருகிறது.

செவ்வாயும் அதன் வாய்க்கால்களும் : அதன் துருவங்களில் தோன்றும் வெண்ணிறக் குல்லாய்கள் பனியினால் அமைந்தவை. பூமியில் இருப்பதுபோல், அதில் கடல்கள் இல்லை. துருவங்களில் உள்ள பனிக்கட்டி உருகினால்தான் அங்கே நீர் கிடைக்கும். ஆகையால் துருவங்களிலிருந்து வாய்க்கால்களின் வழியாக நீரை வயல்களுக்குப் பாய்ச்சுகிறார்கள். இந்த வாய்க்கால்கள்தான் செவ்வாயின் மேற்பரப்பில் கோடுகள் போல் தோற்றமளிக்கின்றன. இதிலிருந்து அங்கே அறிவுள்ள பயிர்த் தொழில் செய்யும் மக்கள் வாழ்கிறார்கள் என்பது தெளிவு என பர்சிவல் லோவல் (Prof. Percival Lowell) போன்ற பேராசிரியர்களின் விளக்கமாகும். ஆனால், தொடர்ந்து நடந்த ஆராய்ச்சியின் விளைவால் இவ்விஷயம் நிரூபிக்கப்படவில்லை.

1962ஆம் ஆண்டு ரஷ்யர்கள் Mars I என்னும் விண்கலத்தை முதன் முதலில் செவ்வாய்க் கிரகத்தை நோக்கி ஏவினர். ஆனால் அது பூமியுடன் தொடர்பு கொள்ள முடியாமற் போகவே, அச்சோதனை பயனற்றதாயிற்று.

1964ஆம் ஆண்டு நவம்பர் மாதம் 28ஆம் தேதி அமெரிக்க விஞ்ஞானிகள் Mariner IV என்னும் உபகோள் ஒன்றைச் செவ்வாய்க் கிரகத்தைச் சுற்றிவர அனுப்பினார்கள். அது செவ்வாய்க் கிரகத்தை 5,700 மைல் தூரத்தில் அணுகி அதன் மேற் பரப்பைப் படம் எடுத்து 21 படங்களை அனுப்பியது.

1969ஆம் ஆண்டு பிப்ரவரி, மார்ச்சு மாதங்களில் அமெரிக்க விஞ்ஞானிகள் Mariner VI, Mariner VII என்னும் விண்கலன் களைச் செவ்வாய்க் கிரகத்தை 4 மாதங்களில் அடையும் வகையில் அனுப்பினார்கள். இவ் விண்கலன்கள் ஆகஸ்ட் மாதம் முதல் வாரத்தில் செவ்வாய்க் கிரகத்தை வெகு சமீப தூரத்தில் கடந்து சென்று அநேக படங்களை மிக நெருங்கிய தூரத்திலிருந்து எடுத்து அனுப்பின. அந்தப் புகைப் படங்கள் செவ்வாயின் தென் துருவப் பனிக்குல்லாப் பகுதிகளை நன்கு விளக்கின. இப் படங் களிலிருந்து, பயிர் பச்சைகள் கூட அங்கு இருப்பதற்கு நியாய மில்லை எனத்தென்படுகிறது. அம்மோனியா (Ammonia) மீதேன் (Methane) போன்ற உயிர்வாழ்வன தோற்றத்திற்கு ஏற்ற வாயுக்கள் தென்துருவத்தின்மீது காணப்படுகின்றன. ஆனால், பூமியின் காற்று மண்டலத்தின் முக்கிய பகுதியும், உயிர்வாழ்வ தற்குத் தேவையான மூலகமுமான நைட்ரஜன் (Nitrogen) செவ்வாய்க் கிரகத்தில் காணப்படவில்லை.

இதேபோல் 1971ஆம் ஆண்டு மே மாதம் 30ஆம் தேதி அமெரிக்கர்களால் அனுப்பப்பட்ட Mariner IX என்னும் விண்கலன் நவம்பர் மாதம் 14ஆம் தேதியன்று செவ்வாய்க் கிரகத்தைச் சுற்றத் தொடங்கியது. அது செவ்வாய்க் கிரகத்தை 750 மைல் சமீபமாக அணுகியது. இதன் விளைவாக செவ்வாய்க் கிரகத்தை மிகநெருங்கி 6,000-க்கு மேலாகப் படங்கள் எடுத்து அனுப்பியது.

எல்லாவற்றிற்கும் மேலாக அமெரிக்க விஞ்ஞானிகள் 1975ஆம் ஆண்டு ஆகஸ்ட் 20ஆம் தேதி அனுப்பிய வைக்கிங் I (Viking I) என்னும் விண்கலம் செவ்வாய்க் கிரகத்தில் 1976ஆம் ஆண்டு ஜுலை 20ஆம் தேதி மெதுவாக இறங்கி அக் கிரகத்தில் உயிர் வாழ்வன இருப்பதற்கு வாய்ப்பு இருக்கிறதா எனச் சோதித்தறிய லாயிற்று. இது ஒரு மகத்தான சாதனை. ஆகஸ்ட் 27ஆம் தேதி விண்கலத்திலிருந்து பெறப்பட்ட சோதனைக்கூடக் குறிப்பி லிருந்து 'உயிர்ப் பொருள்' (Organic matter) அல்லது அதற்கு ஆதாரமான கரிமப் பொருள் (Carbon matter) யாதும் இருப்ப தாகத் தெரியவில்லை.

வைக்கிங் Iஐத் தொடர்ந்து, அமெரிக்க வான ஆராய்ச்சியாளர்கள் மீண்டும் 1975ஆம் ஆண்டு செப்டம்பர் 9ஆம் தேதி வைக்கிங் II (Viking II) என்னும் விண்கலத்தைச் செவ்வாய்க் கிரகத்தை நோக்கி அனுப்பினார்கள். இது வெற்றிகரமாகப் பயணத்தை முடித்து 1976ஆம் ஆண்டு செப்டம்பர் 4ஆம் தேதி செவ்வாய்க் கிரகத்தின் வடதுருவத்திற்கு அருகில் உள்ள Utopia என்னும் இடத்தில் இறங்கிற்று. அது செவ்வாய்க் கிரகத்தின் பாறையின் கீழ் உள்ள மண்ணைத் தோண்டி அதை ஆராய்ச்சிக்குட்படுத்தியது. அக்டோபர் 25ஆம் தேதி மூன்றாவது முறையாக இவ்வாறு செய்தும் கூட உயிர்ப்பொருள் காண்பதற்கு அடையாளமாக உள்ள கரிமப் பொருள் (Carbon matter) இல்லை எனச் சோதனைக் கூடக் குறிப்பிலிருந்து தெரியவந்தது.

செவ்வாய்க் கிரகத்திற்கு இரண்டு சந்திரன்கள் இருக்கின்றன, அவை நம்முடைய சந்திரனை விட மிகச் சிறியவை. இவற்றிற்கு டைமாஸ் (Deimos), போபஸ் (Phobos) என்று பெயர். போபஸ் என்பது உட்சந்திரனாகும். இது செவ்வாய்க் கிரகத்தை 7 மணி 39 நிமிட நேரத்தில் சுற்றுகிறது. செவ்வாய் தன்னைத்தானே சுற்றிக்கொள்வதற்கு 24 மணி 37 நிமிட நேரம் எடுத்துக்கொள்வதால், செவ்வாய் தன்னைத்தானே ஒருமுறை சுற்றிக்கொள்வதற்குள் இவ்வுபக்கிரகம் அதை மூன்று முறை சுற்றிவிடுகிறது. இது செவ்வாயில் மேற்கே உதித்துக் கிழக்கே மறைவதுபோல் தோன்றும். ஏனெனில், இவ்வுபக்கிரகம் செவ்வாய் தன் அச்சில் சுழல்வதைவிட அதிக வேகமாகச் சுழலுகிறது. ஆகவே இவ்வுபக்கிரகம் செவ்வாயில் ஒரு தீர்க்க ரேகையிலிருந்து சுழலப் புறப்படுவதாகக் கொண்டால், அது அந்தத் தீர்க்க ரேகையைக் கடந்து செல்லும். அத் தீர்க்க ரேகையில் உள்ள காட்சியாளர்க்கு இவ்வுபக்கிரகம் தங்களைப் பொருத்தமட்டில் மேற்கிலிருந்து கிழக்காகப் போவதாகத் தோன்றும். இதுபோன்ற மற்றொரு நிகழ்ச்சி சூரியமண்டலத்தில் இல்லை. செவ்வாயின் மத்திய ரேகைப் பிரதேசத்தில் இவ்வுபக்கிரகத்தினால் ஒரே நாளில் மூன்று கிரகணங்கள் தோன்றக்கூடும். இவை சூரியக்கிரகணமாகவோ அல்லது அவ்வுபக்கிரகத்தின் கிரகணமாகவோ அமையலாம். போபஸ்ஸின் விட்டம் 10 மைல்களே. இது செவ்வாயிலிருந்து 5,800 மைல் தூரத்தில் உள்ளது. பெரிய துணைக்கோளான டைமாஸின் விட்டம் 40 மைல். அது செவ்வாயிலிருந்து 14,600 மைல் தூரத்தில் உள்ளது. இந்த உபக்கிரகம் செவ்வாயைச் சுற்ற 30 மணி 18 நிமிட நேரம் எடுத்துக்கொள்கிறது. இது கிழக்கே உதித்து மேற்கே அஸ்தமிக்கும்.

5. குரு அல்லது வியாழன்

கோள்கள் எல்லாவற்றிலும் வியாழனே மிகப் பெரியது. மற்ற எல்லாக் கோள்கள் எடையும் சேர்த்துக் கூட்டிய எடையை விட இக் கோளின் எடை அதிகம். இது சூரியனிலிருந்து 48 கோடி மைலுக்கும் அதிக தூரத்தில் இருக்கிறது. இவ்வளவு தூரத்திலிருந்தும் மிகவும் ஒளியுடன் விளங்குவதால் இன்னும் முழுவதும் குளிராமல் வெப்பநிலையில் இருக்கவேண்டும் எனக் கருதப்படுகிறது. இதன் விட்டம் மத்தியரேகை வழியாக 88,700 மைல். துருவங்கள் வழியாக இதன் விட்டம் 82,800 மைல். ஆகவே, இதன் விட்டம் பூமியின் விட்டத்தைப் போல் 11 மடங்காகும். இது பூமியைவிட ஆயிரத்து நானூறு மடங்கு பெரியதாக உள்ளது. இதன் எடை பூமியின் எடையைப்போல் 317 மடங்கு அதிகமாக இருக்கிறது. இதன் மேற்பரப்பில் பூமியின் மேற்பரப்பில் இருப்பதைவிடப் பொருட்கவர்ச்சியின் வலிமை இரண்டரை மடங்காகும்.

சூரியனைச் சுற்றி ஒருமுறை வருவதற்கு இதற்கு நம்முடைய கணக்குப்படி 11 ஆண்டுகள் பத்து மாதங்கள் ஆகின்றன. இதை 'மாமாங்க' காலம் எனப் பாமரர்கள் சொல்வார்கள். இது தன்னைத்தானே 9 மணி 50 நிமிடங்களில் சுற்றிக்கொள்கிறது. எனவே, குருவின் மேற்பரப்பில் உள்ள ஒரு பொருள் பூமியின் மேற்பரப்பில் உள்ள பொருளைவிடச் சுமார் இருபத்தைந்து மடங்கு அதிகமான வேகத்துடன் சுழன்று வருகின்றது என்பதை அறியக்கூடும். பூமியின் மேற்பரப்பில் உள்ள ஒரு பொருள் மணிக்கு ஆயிரம் மைல் வேகத்துடன் இயங்கி வரவேண்டுமெனக் கணக்கிட்டிருக்கிறார்கள். இதிலிருந்து குருவின் கடுமையான சுழற்சி வேகம் நன்கு புலனாகும். இத்தகைய சுழற்சி வேகத்துடன் குரு சுழன்று வருவதனால், அதன் துருவப்பிரதேசங்கள் தட்டையாகவும், அதன் நடுப்பாகம் பெருத்தும் காணப்படுகின்றன.

குருவின் மேற்பரப்பில் பல்லாயிரக்கணக்கான உயரம் வரை பவன மண்டலம் வியாபித்திருக்க வேண்டுமென்று தெரிய வருகிறது. வெறும் கண்ணால் பார்த்தால் அது ஒளிமிகுந்த நட்சத்திரம் போல் தோன்றும். தொலைநோக்கியின் வழியாகப் பார்த்தாலோ அதன் மேற்பரப்பில் வெண்ணிறப் பட்டைகளும், கரிய பட்டைகளும் தெரியும். சூரியனின் மேற்பரப்பில் தோன்றுவது போல் குருவின் மேற்பரப்பிலும் புள்ளிகள் தோன்றுகின்றன. இவை கருமையாகவும் இருக்கின்றன; வெண்மையாகவும் இருக்

கின்றன. இவை நீண்ட நேரம் தோன்றுவதில்லை. அதன் பட்டையிட்ட பகுதியிலே செந்நிறமான மிகப் பெரிய புள்ளி ஒன்று காணப்படும். அதன் மீதுள்ள மற்ற அடையாளங்களை விட அது மிகத் தெளிவாகத் தெரியும். அதன் வடிவமும், அந்தப் பட்டைகளின் வடிவமும் அடிக்கடி மாறுபடும். ஆகையால் அவை மேகங்களால் அமைந்தவை என்று வான ஆராய்ச்சியாளர்கள் நம்புகிறார்கள். சூரியனின் பண்புகளைக் குருவிலும் நாம் காணுவதால், அதன் திடப்பகுதியை நாம் பார்க்கவில்லை, அதன் பவன மண்டலத்தையே காண்கிறோம் என்று கூறுகிறார்கள். பவன மண்டலத்தில் இருக்கும் வாயுக்கள் அம்மோனியாவும், மீதேனும் ஆகும். இவை விஷ வாயுக்கள் ஆதலால், குருவில் யாதோர் உயிர் வாழ்க்கையும் நடைபெறுவது சாத்தியமில்லை.

குருவைச் சுற்றி 12 துணைக் கோள்கள் உள்ளன. இவைகளில் மிகப் பெரிய 4 துணைக் கோள்களும் கலீலியோவால் காணப் பட்டவையேயாகும். இவர் தொலைநோக்கியை நிர்மாணித்தவுடன் அடைந்த வெற்றிகளில் இதுவே முதலாவது. வியாழனுக்கு உள்ள பெரிய சந்திரன்களில் இரண்டு நமது சந்திரனைவிட மிகப் பெரியவை. மூன்றாவது சற்றேறக்குறைய நமது சந்திரனின் அளவு உள்ளது. நாலாவது அதைவிடச் சற்றே சிறியது. வியாழனைச் சுற்றி ஓடும் சிறிய சந்திரன்களில் மிகச் சிறியது நிமிடத்திற்கு 100 மைலுக்கு மேலான வேகத்தோடு ஓடுகிறது. (ஆனால் நமது பூமியைச் சுற்றி ஓடிவரும் பற்பல செயற்கைச் சந்திரன்கள் இதைப்போல் மும்மடங்கு அதாவது நிமிடத்திற்கு 300 மைல் வேகத்துடன் ஓடிவருவது குறிப்பிடத்தக்கது.)

தொலைநோக்கி மூலம் குருவைக் கவனித்தால், இவ்வுபக் கிரகங்களின் நிழல்கள் குருவின்மீது ஊர்ந்து செல்லுவதை எளிதில் காணலாம். குருவில் தினந்தோறும் பலமுறை சூரிய கிரகணங்களும், துணைக் கோள்களின் கிரகணங்களும் நடைபெறச் சந்தர்ப்பம் அமைந்திருக்கிறது.

ஒரு துணைக் கோளுக்கு ஏற்படும் கிரகணத்தை ரோமர் (Romer) என்ற விஞ்ஞானி 250 ஆண்டுகளுக்கு முன்பு கவனித்து, அடுத்தடுத்து ஏற்படும் இரண்டு கிரகணங்களின் இடைப் பொழுதை அளந்து ஒளி அலைகளின் வேகத்தைக் கண்டுபிடித்தார். ஒளியின் வேகத்தைத் திருத்தமாக முதன்முதலில் அளந்து காட்டிய பெருமை ரோமரைச் சார்ந்ததாகும். இவர் இவ்வாறு அளந்து காட்டியதற்கு முன் ஒளியின் வேகம் கணக்கில் அடங்காதது; அது மனோவேகத்துடன் செல்லவேண்டும் என்று நினைத்து வந்தார்கள்.

அமெரிக்க விண்வெளி ஆராய்ச்சியாளர்கள் பயனியர் 10 (Pioneer 10) என்னும் 250 கி. கிராம் நிறையுள்ள விண்கலனை வியாழனை ஆராய்வதற்காக 1972ஆம் ஆண்டு மார்ச் 3ஆம் தேதி யன்று அனுப்பினார்கள். அது 1973ஆம் ஆண்டு டிசம்பர் மாதம் 4ஆம் தேதி வியாழக் கிரகத்தை மிக நெருக்கமாக அணுகிச் சோதனைகள் நடத்தியது. விண்கலனில் இருந்த விஞ்ஞானக் கருவிகளில் இருந்து, கீழ்க்கண்ட விவரங்கள் தெரியவந்தன, பூமியைச் சூழ்ந்து உள்ள வான் அல்லன் (Van Allen) படலங்களை விட மிக வலிமையான கதிரியக்கப் படலங்கள் (Radiation belts) வியாழனைச் சூழ்ந்துள்ளன. வியாழனின் பவன மண்டலத்தில் ஹைட்ரஜன், அம்மோனியா, மீதேன், டியடீரியம் (Deuterium), அசெடலின் (acetylene) மேலும் ஹீலியமும் உள்ளன.

மேலும் அமெரிக்க விஞ்ஞானிகள் 1972ஆம் ஆண்டு ஏப்ரல் 5ஆம் தேதி பயனியர் 11 (Pioneer 11) என்னும் 570 பவுண்டு எடை யுள்ள விண்கலத்தை வியாழன், சனி ஆகிய இரண்டு கிரகங்களை யும் அணுகி விவரங்களைச் சேகரிக்க அனுப்பினர். அது வியாழக் கிரகத்தை மணிக்கு 35,290 கி.மீ. வேகத்தில் கடந்து சென்று பல படங்கள் எடுத்தது. அது டிசம்பர் மாதம் 2ஆம் தேதி வியாழனுக்கு 41,600 கி.மீ. தூரம் வரை நெருங்கியது குறிப்பிடத்தக்கது. இந்த விண்கலன் வியாழனை ஒரு சுற்றுச் சுற்றி சனிக் கிரகத்தை 1979ஆம் ஆண்டு அக்டோபர் மாதம் சேரும் என எதிர்பார்க்கப் படுகிறது.

வியாழன், சனிக்கிரகங்களைப்பற்றி மேலும் தெரிந்து கொள்ளவும், இப் பிரபஞ்சத்தின் உற்பத்தியைப் பற்றி நன்கு அறியவும், அமெரிக்க விஞ்ஞானிகள் Voyager I, Voyager II என்னும் இரு விண்கலன்களை ஒன்றன்பின் ஒன்றாக அனுப்பி யுள்ளனர்.

இவற்றில், Voyager II முதலில் அனுப்பப்பட்டது. இது 1977ஆம் ஆண்டு ஆகஸ்ட் மாதம் 20ஆம் தேதி அனுப்பப்பட்டது. இதன் பிறகு செப்டம்பர் 5ஆம் தேதி Voyager I என்னும் விண் கலன் அனுப்பப்பட்டது. இவை ஒரு பிரம்மாண்டமான பிராயணத்தை மேற்கொண்டுள்ளன. இதை ஒரு விண்வெளிப் படையெடுப்பு என்றே போற்றலாம். இதற்காகும் செலவு 500 மில்லியன் டாலர் எனத் தரப்பட்டுள்ளது.

பின்னால் அனுப்பிய Voyager I என்ற விண்கலமே வியாழனை முதலில் அணுகும். அது 1979ஆம் ஆண்டு மார்ச் 15ஆம் தேதி

வியாழனுக்கு மிக நெருக்கமாகச் செல்லும் என எதிர்பார்க்கப் படுகிறது. பிறகு 1980ஆம் ஆண்டு, நவம்பர் 12ஆம் தேதி சனிக் கிரகத்திற்கு மிக நெருக்கமாகச் செல்லும்.

இந்த இரு விண்கலன்களும் தங்கள் பயணத்தையும், சோதனைகளையும் வெற்றிகரமாக முடித்தால், Voyager II என்னும் விண்கலன் யுரேனஸ், நெப்டியூன் என்னும் கோள்களை முறையே 1986, 1989ஆம் ஆண்டுகளில் அணுகி சோதனைகள் நடத்தும்.

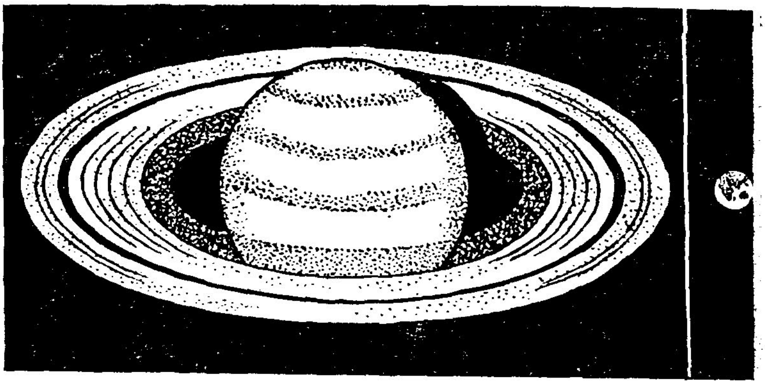
இவ்விதமாகப் பிரபஞ்சத்தின் உற்பத்தி இரகசியத்தைக் கண்டறிய வான ஆராய்ச்சி விஞ்ஞானிகள் அயராது உழைக் கிறார்கள். அவர்களுடைய உன்னதமான உழைப்பு வெற்றி யடையட்டும்.

6. சனி

சூரிய மண்டலத்தில் குருவுக்கு அப்பால் ஓடிவரும் கிரகம் சனி. பல விதங்களிலும் சனி வியாழனை ஒத்திருக்கிறது. வியாழனுக்கு அடுத்தபடி பெரிய கிரகம் சனியே. பிரகாசத்தில் இது சுக்கிரனையும் குருவையும்விடச் சற்று மங்கலானது. இது சூரியனிலிருந்து 88 கோடியே அறுபது லட்சம் மைல் தொலைவில் இருக்கிறது. இதுவும் தன்னைத்தானே சுற்றி வந்துகொண்டிருக் கிறது. இதன் சுழற்சி வேகம் அதிகம். இது தனது அச்சில் ஒரு முறை சுழல 10¼மணி நேரமே ஆகிறது. இவ்வளவு வேகத்தில் சுற்றிக்கொள்வதால், இதன் நடுப்பாகம் பெருத்தும், துருவ பாகங்கள் தட்டையாகவும் காண்கின்றன. இதன் குறுக்களவு துருவங்களிடையே 70,000 மைல். மத்தியரேகை வழியாக இதன் விட்டம் 76,500 மைல். இது அதிவேகத்துடன் தன்னைத்தானே சுற்றிவந்த போதிலும், சூரியனை ஒருமுறை சுற்றி வருவதற்கு 29½ வருஷங்கள் ஆகின்றன. சனிக்கிரகம் தன்னுடைய சுவட்டில் விநாடிக்கு 6 மைல் வேகத்துடன் ஓடிவந்துகொண்டிருக்கிறது. நிறையில் இக் கிரகம் பூமியினதைவிட 95 மடங்கு அதிகமான நிறையைக் கொண்டிருக்கிறது.

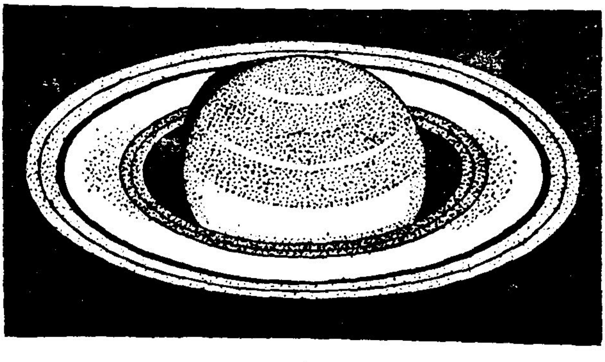
இதற்கும் ஒரு பவன மண்டலம் அதிக உயரத்திற்கு வியாபித் திருக்க வேண்டுமென்று தெரியவருகிறது. மேகங்கள் சனியைச் சுற்றிப் பட்டை பட்டையாகக் காணப்படுகின்றன.

மற்றக் கிரகங்களைக் காட்டிலும் இதற்கு ஒரு தனிச் சிறப்பு உண்டு. நல்ல தொலைநோக்கியின் வழியாக அதைப் பார்த்தால் அது கண்கொள்ளாக் காட்சியாகத் தோன்றும். அதன் நடுப் பகுதியைச் சுற்றி மோதிரம்போல் மூன்று வளையங்கள் காணப்



படம் 4-4
ஒரே அளவுத்திட்டத்தில்—சனியும் பூமியும்

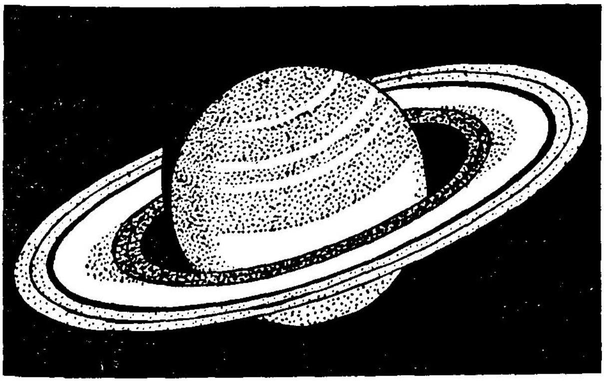
படும். இவ்வளையங்கள் ஒரே தளத்தில் அமைந்திருப்பதோடு பல்வேறு விட்டங்களைக் கொண்டும் இருக்கின்றன. பூமியின்



படம் 4-5
சனியும் அதன் வளையமும்—விரிந்த தோற்றம்

விட்டத்தைவிட இவ் வளையங்களின் விட்டங்கள் பன்மடங்கு அதிகமாக இருக்கின்றன. ஆனால், இவற்றின் தடிமன் அதிக மில்லை. சுமார் எழுபது மைல் இருக்கலாம் என்று கருது

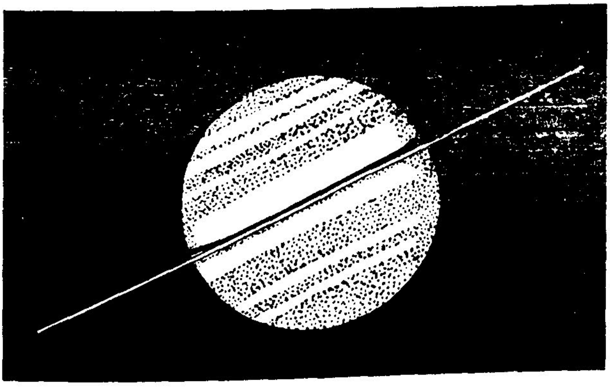
கிறார்கள். சூரியனைச் சுற்றி சனி ஓடிவந்துகொண்டிருக்கும் தளத்திலிருந்து வளையங்கள் அமைந்துள்ள தளம் சுமார் 28° சாய்ந்திருப்பதனால் இந்த மோதிர வளையங்கள் நிமிர்ந்தும்



படம் 4-6

சனியும் அதன் வளையமும் நடுத்தரத் தோற்றம்

சாய்ந்தும் தோன்றும். ஆகவே சில வேளைகளில் அவை சனியின் பிம்பத்தின் நடுவே இட்ட மெல்லிய கோட்டைப்போல் தோன்றும். அவை பூமியின் பக்கமாகச் சாய்ந்து இருக்கும்



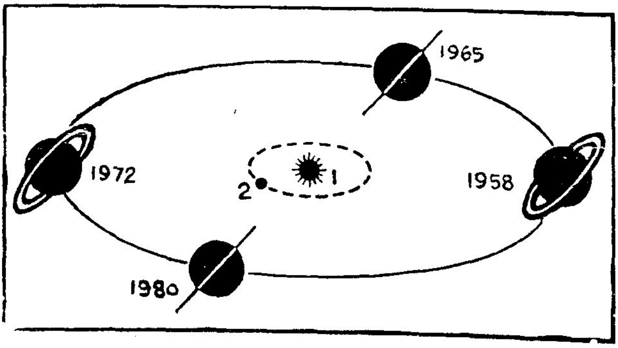
படம் 4-7

சனியும் அதன் வளையமும் ஒடுங்கிய தோற்றம்

பொழுது மிக அகலமாகவும், ஒளி மிகுந்தும் தோன்றும். அவை அகலாமகத் தெரியும் காலங்களில்தான் சனி மிகவும் பிரகாச

மாகத் தோன்றுகிறது. கலீலியோ என்ற விஞ்ஞானியே இச் சனிக் கிரகத்தின் வளையங்களை முதன்முதலில் கண்டு பிடித்தார்.

மாக்ஸ்வெல் (Maxwell) என்ற விஞ்ஞானி கணித முறையி னால், இவ்வளையங்களின் தன்மையை ஆராய்ந்து இவை திடத் தன்மை வாய்ந்திருக்க முடியாது என்றும், இவை சிறு சிறு துண்டு களால் ஆனவை என்றும் தீர்மானித்தார். ரோக்கே (Roche) என்ற விஞ்ஞானி ஒரே திண்மை வாய்ந்த கிரகம் ஒன்றைச் சுற்றி வரும் துணைக் கிரகத்தின் மண்டலத்தின் விட்டம் கிரகத்தின் விட்டத்தில் ஐந்து மடங்குக்குக் குறைவாக இருக்குமானால், துணைக் கிரகம் துண்டு துண்டாகச் சிதறிவிடும் எனக் காண்பித் தார். சனிக் கோளின் கடைசி வளையத்தின் வெளி விளிம்பின் விட்டம் சனியின் விட்டத்தில் ஐந்து மடங்கே இருக்கிறது. எனவே, நெடுநாள் முன்னர் சனியைச் சுற்றி ஓடிவந்த ஓர் உபக்கிரகம் சிதைந்து இவ் வளையங்கள் ஏற்பட்டிருக்கலாம். சனியின் உபக்கிரகங்கள் இவ் வளையங்களுக்கு அப்பால் சுழன்று வருவதனால் இக்கருத்து வலுவடைகிறது.



படம் 4-8

வெவ்வேறு ஆண்டுகளில், சனியின் வளையங்களின் தோற்றம்
1. சூரியன் 2. பூமி.

சனிக்கிரகத்திற்கு ஒன்பது உபக்கிரகங்கள் இருக்கின்றன. இவற்றுள் மிகப் பெரியது டைடான் (Titan) எனப்படுவது; இதன் விட்டம் 2,600 மைல் ஆகும். ஆகவே இது நமது சந்திரனைவிடப் பெரியது. இந்த உபக்கிரகங்களில் எட்டு சனியை ஒருமுக மாகவும் ஒன்று மட்டும் அவற்றிற்கு எதிர்முகமாகவும் சுற்றி வருகின்றன. எதிர்முகமாகச் சுற்றிவரும் துணைக் கோளின் பெயர் Phobe ஆகும்.

7. யுரேனஸ்

சூரிய மண்டலத்தில் சனிக்கு அப்பால் ஓடி வந்துகொண்டிருக்கும் கோள் யுரேனஸ் ஆகும். மற்றக் கோள்கள் இருப்பதை மக்கள் தொலைநோக்கி நிர்மாணிக்கப்படுவதற்கு முன்பே அறிவர். தொலைநோக்கியால் கண்டறியப்பட்ட முதல் கோள் யுரேனஸ். இதைக் கண்டுபிடித்தவர் வில்லியம் ஹெர்ஷல் (William Herchel) எனும் இங்கிலாந்தில் குடியேறிய ஜர்மானியர். இவர் தொலைநோக்கியைக் கொண்டு 1781ஆம் ஆண்டு இக் கோளைக் கண்டுபிடித்தார். இவர் தொழிலில் பாட்டு ஆசிரியர். ஆனால் தொலைநோக்கிகள் செய்வதையும், வானத்தை ஆராய்வதையும் பொழுதுபோக்காகக் கொண்டிருந்தார். அவர் மிதுன ராசியில் (Gemini) உள்ள நட்சத்திரக் கூட்டத்தைக் கவனித்துக் கொண்டிருந்தார். அவற்றுள் நட்சத்திரம் போன்ற ஒன்று மற்றவைகளைவிடப் பெரியதாகத் தோன்றிற்று. சில நாள் கழித்து அதே கூட்டத்தை அவர் மறுபடியும் கவனித்தார். பெரிதாகத் தோன்றிய அது அந்தக் கூட்டத்தில் இடம் மாறி, விலகிச் சென்றிருந்தது. இதைச் சில மாதகாலம் அவர் தொடர்ந்து கவனித்து வந்தார். அது சென்ற பாதையைக் குறித்துக் கணக்கிட்டார். அந்தப் பாதை கிட்டத்தட்ட வட்ட வடிவமாக அமைந்திருந்தது. ஆகவே இது நட்சத்திரம் அல்ல; இது ஒரு புதிய கோள். ஆகவே ஒரு புதிய கோள் ஒன்றைத் தாம் கண்டுபிடித்திருப்பதாக ஹெர்ஷல் உலகத்துக்கு அறிவித்தார். நம்முடைய நாளில், முதன்முதலில் பொம்மைச் சந்திரன் (Sputnik) வான வெளியிலே வீசப்பட்டபொழுது உலகம் எவ்வளவு பரபரப்பையும், வியப்பையும் அடைந்ததோ, அவ்வளவு பரபரப்பையும், வியப்பையும் இக்கோளின் கண்டுபிடிப்பு அக்காலத்து மக்களிடையே உண்டாக்கிற்று. இதன் பயனாக ஹெர்ஷல் அரசு ஆதரவு பெற்ற வான ஆராய்ச்சியாளராகப் புகழ் பெற்றார்.

யுரேனஸ் சூரியனிலிருந்து 170 கோடி மூன்று லட்சம் மைல் தூரத்தில் இருக்கிறது. இந்தத் தூரம் பூமிக்கும் சூரியனுக்கும் இடையே உள்ள தூரத்தைவிடப் பத்தொன்பது மடங்கு பெரியது. இதன் விட்டம் 32,000 மைல். இதன் நிறை பூமியின் நிறையை விடப் பதினான்கு மடங்கு அதிகமாக இருக்கிறது.

இது தன்னைத்தானே 10 மணி 48 நிமிடங்களில் ஒரு முறை சுற்றிவிடுகிறது. ஒருமுறை சூரியனைச் சுற்றி முடிப்பதற்கு இதற்கு 84 ஆண்டுகளாகின்றன.

யுரேனஸ் சூரியனிடமிருந்து நெடுந்தொலைவில் இருப்பதால், அது சூரியனிடமிருந்து பெறும் வெப்பம் மிகவும் குறைவு. அதன் மேற்பரப்பு மிகுந்த குளிர்ந்த இடம். இதன் மேற்பரப்பில் வெப்பநிலை —190° அளவுக்குக் குறைந்திருக்க வேண்டுமென்று கருதுகிறார்கள்.

தொலைநோக்கி மூலம் இதைக் கவனிக்கும்போது மிகத் தடிப்பான வெண்மேகப் போர்வையினால் இக் கிரகம் மூடப்பட்டிருக்கவேண்டுமென்று தெரியவருகிறது. இதற்கு 6 சந்திரன்கள் இருக்கின்றன. இவை எல்லாம் நம் சந்திரனைவிடச் சிறியவை. இவற்றுள் 6ஆவது சந்திரனைக் கண்டுபிடித்த பெருமை Dr. J. C. பட்டாச்சாரியா, Dr. S. குப்புசாமி என்ற இரு இந்திய விஞ்ஞானிகளைச் சாரும். இந்தப் புதிய துணைக் கோளின் விட்டம் 30 கி.மீ. ஆகும். இது யுரேனஸுக்கு மிகவும் உள் ஓரமாகக் காணப்படுகிறது. யுரேனஸுக்கு ஏற்கெனவே 5 உபகோள்கள் இருப்பது தெரிந்த விஷயமே. இவற்றுள் ஐந்தாவதாக 'Mirunda' என்னும் உபக்கிரகம் அமெரிக்க வான ஆராய்ச்சியாளர் G. P. Kupier என்பவரால் 1948ஆம் ஆண்டு கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. அதன் பிறகு 6ஆவது உபக்கிரகம் 1977ஆம் ஆண்டு மேற்கூறிய இந்திய விஞ்ஞானிகளால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது.

8. நெப்டியூன்

யுரேனஸுக்கு அப்பால் சூரிய மண்டலத்தில் சுழன்று வரும் கிரகம் நெப்டியூன். கண்ணால் காணுமுன்னர் கணிதத்தால் கண்டறியப்பட்ட கோள் நெப்டியூன் ஆகும். இதைக் கண்டுபிடித்த விதம் நியூட்டனின் பொருட்கவர்ச்சி விதிக்கு ஒரு பெரிய வெற்றியாகும்.

யுரேனஸின் இயக்கத்தில் ஒரு கோளாறைக் கவனித்தார்கள். அதைக் கணக்கிட்டுக் கண்ட நிலைகள் அது காணப்பட்ட நிலைகளிலிருந்து மாறுபடுவதைக் கண்டனர். இந்த மாறுபாட்டுக்குக் காரணம் இன்னும் தொலைவில் உள்ள இன்னொரு கோளாயிருக்கலாம் என்று எண்ணி, அத்தகைய மாறுபாட்டை விளைவிக்கும் கோள் யுரேனஸிலிருந்து எவ்வளவு தொலைவில் இருக்க வேண்டும், அதன் பரிமாணம் எவ்வளவாக இருக்கவேண்டுமென்றும், பொருட்கவர்ச்சி விதியின் துணைகொண்டு ஆடம்ஸ் (J. C. Adams) என்ற கேம்பிரிட்ஜ் மாணவர் ஒருவரும், லெவரியர் என்னும் பிரஞ்சுக் கணித நிபுணர் ஒருவரும் தனித்தனியே தத்தம் நாடுகளிலே கணக்குப் போட்டார்கள். வானவெளியிலே அதை

எங்கே தேடவேண்டும் என்று வான சாஸ்திரிகளுக்குச் சொன்னார்கள். ஜெர்மனி நாட்டு வான ஆராய்ச்சியாளர் Dr. Galle என்பவர் தொலைநோக்கியின் உதவியினால், புதிய கோளை 1846ஆம் ஆண்டு குறிப்பிட்ட இடத்தில் இருப்பதைக் கண்டு அறிவித்தார்.

அப்போது நியூட்டன் தம்முடைய விதியை வெளியிட்டு 150 ஆண்டுகளும், அவர் இறந்து 100 ஆண்டுகளும் ஆய்விட்டன. ஆயினும் அவர் வெளியிட்ட விதி என்றென்றும் உண்மையானது. ஆகவே அது 300 கோடி மைல்களுக்கு அப்பால் உள்ள கோளைக் கண்டுபிடிக்க உதவியது.

யுரேனஸின் இயக்கத்தில் கண்ட மாறுபாட்டை விளக்குவோம்.

யுரேனஸ் ஓர் ஆண்டில் இருந்த இடத்தை U_1 என்று குறிப்போம். அதே ஆண்டில் நெப்டியூன் இருந்த இடத்தை N_1 என்றும் குறிப்போம். சுமார் 20 ஆண்டுகள் கழிந்த பின்னர் யுரேனஸ் இருந்த இடத்தை U_2 என்று குறிப்போம். நெப்டியூன் இருந்த இடத்தை N_2 என்றும் குறிப்போம். நியூட்டன் வெளியிட்ட கவர்ச்சி விதியின்படி யுரேனஸ் U_1 என்னும் இடத்தில் இருக்கும்போது ,நெப்டியூன் அதை முன்புறமாகக் கவர்ந்து இழுக்கும். அது U_2 என்னும் இடத்தில் இருக்கும்போது நெப்டியூன் அதைப் பின் நோக்கிக் கவர்ந்து இழுக்கும். ஆகவே கவர்ச்சி விதியின்படி U_2 என்ற இடத்தில் இருக்கும்போது இயங்குவதை விட, U_1 என்ற இடத்தில் இருக்கும்போது சற்றே வேகமாக இயங்கவேண்டும். விஞ்ஞானிகள் கவனித்துப் பார்த்த பொழுது இப்படி ஆவதால் யுரேனஸுக்கு வெளியே உள்ள ஒரு கோள் மேலே சொல்லியபடி அதைக் கவர்ந்து இழுக்கிறது என்று அதன் இயக்கத்திலிருந்து கண்டார்கள். இதன் காரணமாக அது எங்கே இருக்கவேண்டுமென்று கணக்கிட்டு அதைத் தொலை நோக்கி மூலம் வான வெளியில் சோதித்துப் புதுக் கிரகத்தைக் கண்டுபிடித்தார்கள்.

விநாடிக்குச் சுமார் $3\frac{1}{4}$ மைல் வேகத்தில் நெப்டியூன் தன் மண்டலத்தில் ஓடி வருகிறது. அது சூரியனைச் சுற்றி ஒரு முறை ஓடிவர நம்முடைய கணக்குப்படி 165 ஆண்டுகள் ஆகின்றன. அது தன்னுடைய அச்சில் சுழல 15 மணி 40 நிமிடங்கள் நேரமே ஆகிறது. இதன் குறுக்களவு 33,000 மைல்களாகும்.

நெப்டியூனிற்கு இரண்டு துணைக் கோள்கள் உள்ளன. அவற்றுள் ஒன்று மேற்கே உதித்துக் கிழக்கே அஸ்தமிக்கிறது. அதன் பெரிய சந்திரன் நமது சந்திரனைவிட மிகப் பெரியது.

9. புளூட்டோ

நெப்டியூனைக் கண்டுபிடித்த பின், வான ஆராய்ச்சியாளர்கள் யுரேனஸ் ஓடும் பாதையை மிகவும் கவனத்தோடு குறித்து வந்தார்கள். அப்போது நெப்டியூனுக்கும் அப்பால் உள்ள வேறு ஏதோ ஒரு கோளும் யுரேனஸைக் கவர்ந்து இழுக்கிறது எனத் தெரியவந்தது. மிகவும் வலிமை பொருந்திய தொலைநோக்கி மூலமாகத் தேடிப்பார்த்தும் அது தென்படவில்லை. பிறகு தொலைநோக்கியுடன் ஒரு படம் பிடிக்கும் கருவியை இணைத்துத் தேடிவந்தார்கள். 25 ஆண்டுகளாகத் தேடி முடிவில் 1930ஆம் ஆண்டு மார்ச்சு மாதம் 13ஆம் தேதி புளூட்டோ என்னும் கோளின் நிலையை பிளாமரின் (Flammarion) என்ற பிரஞ்சு விஞ்ஞானி கண்டுபிடித்தார். கணித வழியாகப் பொருட்கவர்ச்சி விதியைக்கொண்டு அதன் நிலையைக் கண்டவர் டாக்டர் பெர்சிவல் லோவல் (Dr. Percival Lowell) ஆவார்.

இக்கோள் சூரியனிலிருந்து சுமார் 357 கோடி மைல் தூரத்தில் இருக்கிறது. அதிலிருந்து பார்த்தால் சூரியன் ஒரு குண்டூசியின் தலை அளவே தோன்றும். சூரியனைச் சுற்றிவர 248 ஆண்டுகள் ஆகின்றன. இதன் குறுக்களவு பூமியைவிடக் குறைவு. சூரியனிலிருந்து வெகு தொலைவில் இருப்பதால் இங்கு வெப்பநிலை மிக மிகக் குறைவாகும்.

10. சிறு கோள் திரள்

சூரியக் குடும்பத்தின் படத்தைப் பாருங்கள். கோள்களின் வரிசையில் செவ்வாய்க்கும் வியாழனுக்கும் இடையே அளவுக்கு மிஞ்சிய பெரிய இடைவெளி ஒன்று இருக்கிறது. அதைச் சில வான ஆராய்ச்சியாளர்கள் கவனித்தார்கள். அங்கு ஒரு கோள் இருக்கவேண்டுமென்று கருதி அதைக் காணவும் முயன்றார்கள்.

போட்ஸ் (Bodes) விதி : கோள்களின் தூரங்களை ஊன்றிக் கவனித்த போட்ஸ் (1777-1826) என்பவர், அவைகளிடையே நிலவும் ஓர் ஒழுங்கை வெளியிட்டார். இது போட்ஸ் விதி எனப் பெயர் பெற்றது.

எண்களை (i) 0, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 என இரண்டாவது எண்ணிலிருந்து தொடர்ந்து 2ஆல் பெருக்கி எழுதவும்.

(ii) அவ்வாறு எழுதிய எண்கள் ஒவ்வொன்றையும் 3ஆல் பெருக்கி 4ஐக் கூட்டி எழுதவும். அவ்வாறு கிடைத்த எண்களும் கோள்களின் தூரங்களும் கீழே தரப்பட்டுள்ளன.

பூமியின் தூரத்தை 10 எனக் கொண்டால், இரு வரிசை எண்களும் ஏறக்குறைய சமமாக இருப்பதைக் காணலாம்.

போட்ஸ் விதியை ஒரு பொது சூத்திரத்தால் குறிப்பிடலாம்.

D (சூரியனிலிருந்து கிரகத்தின் தூரம்) $= 4 + 3 \times 2^{n-1}$

இங்கு n என்பது சுக்கிரனிலிருந்து எண்ணும்போது கிரகத்தின் எண்ணிக்கையாகும்.

உதாரணமாக, சுக்கிரனிலிருந்து எண்ணும்போது, செவ்வாய் மூன்றாவது கிரகமாகும்.

ஆகவே போட்ஸ் விதிப்படி, சூரியனிலிருந்து செவ்வாயின் தூரம்

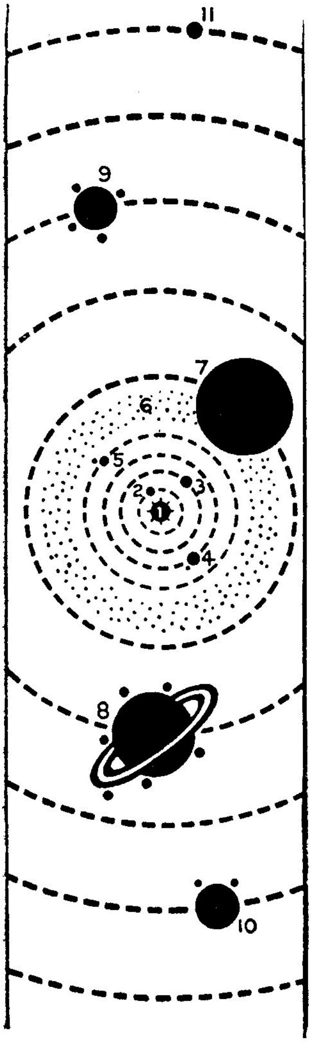
$= 4 + 3 \times 2^{3-1} = 4 + 3 \times 2^2 = 16$ அலகுகள் ஆகும்.

இந்த விதி யுரேனஸ் கண்டுபிடிப்பதற்கு முன் வெளியிடப்பட்டது. ஒரு சில ஆண்டுகளுக்குள் காணப்பட்ட புதிய கோளும் இவ்விதிக்கு ஒத்ததாய் இருந்தது.

ஆகவே 28 எனும் எண்ணிற்கேற்ப ஒரு கோள் இருக்க வேண்டுமென நிச்சயித்துக்கொண்டு வானத்தைத் தீவிரமாக ஆராய்ந்தனர்.

கோள்	போட்ஸ் எண்	உண்மையான தூரம்
புதன்	4	3·871
வெள்ளி	$4+3\times2^0 = 7$	7·233
பூமி	$4+3\times2^1 = 10$	10
செவ்வாய்	$4+3\times2^2 = 16$	15·237
——	$4+3\times2^3 = 28$	52·028
குரு	$4+3\times2^4 = 52$	——
சனி	$4+3\times2^5 = 100$	95·388
யுரேனஸ்	$4+3\times2^6 = 196$	191·826
நெப்டியூன்	$4+3\times2^7 = 388$	300·7
புளூட்டோ	$4+3\times2^8 = 772$	395

செவ்வாய்க்கும் குருவுக்கும் இடையே மற்றொரு கிரகம் இருக்கவேண்டுமென 'போட்ஸ்' என்ற விஞ்ஞானி மேற்கூறியபடி கணக்கியலால் அறிந்தார். கெப்ளருக்கும் இதுபோன்ற சந்தேகம் இருந்தது எனத் தெரியவருகிறது. 1800ஆம் ஆண்டு வான்ஜோக் (Vonzock) என்ற விஞ்ஞானி இத்தகைய கிரகம் எங்கே இருக்க வேண்டும், அதன் மண்டலத்தின் விட்டம் யாதாக இருக்க வேண்டும் என்ற விவரங்களைக் கணக்கிட்டு அவ்விடத்தில் அது உண்மையில் தோன்றுகிறதா என்று பார்க்கச் சொன்னார். ஆனால் அவர் குறிப்பிட்ட இடத்தில் முதலில் 4 மிகச் சிறிய பொருள்கள் இயங்கிக் கொண்டிருப்பதைக் கவனித்தார்கள். 1891ஆம் ஆண்டு முடிவதற்குள் Wolf என்ற விஞ்ஞானியின் உழைப்பின் பயனாகச் சுமார் இரண்டாயிரம் சிறு பொருள்கள் வரை கண்டுபிடிக்கப் பட்டன. வலிமை மிகுந்த தொலைநோக்கியின் மூலமாக இவற்றுள் சில கண்டுபிடிக்கப் பட்டன. ஆனால் தொலைநோக்கியுடன் காமிராவையும் இணைத்துப் படம் பிடித்து வந்ததனால்தான் இவற்றுள் பெரும்பான்மையும் கண்டு பிடிக்கப்பட்டன.



படம் 4–9

இவற்றுக்கு ஆஸ்டிராயிடுகள் (Asteroids) என்று பெயர். இவற்றை மிகச்சிறிய கோள்கள் (Minor Planets) என்றும் குறிப்பிடுவார்கள்.

மிகமிகப் பழங்காலத்தில் செவ்வாய்க்கும், வியாழனுக்கும் இடையில் ஒரு பெரிய கோள் 28 எனும் எண்ணுக்கேற்ப இருந்திருக்க வேண்டும். ஏதோ ஒரு காலத்தில் அது வியாழனுக்கு மிகவும் அருகில் வந்திருக்கலாம். வியாழனின் கவர்ச்சியால் அது துண்டு துண்டாகத் தகர்ந்துபோயிருக்கலாம். அந்தத் துண்டுகளே குட்டிக் கோள்களாக இப்பொழுது சூரியனைச் சுற்றி ஓடிவருகின்றன என்று வான ஆராய்ச்சி யாளர்கள் கருதுகிறார்கள்.

இவற்றின் உண்மையான தூரம் சராசரி 22 முதல் 31 வரை இருப்பதனால் இவை யாவும் 28 எனும் எண்ணுக்கேற்ப இருந்திருக்க வேண்டிய கிரகத்தைச் சார்ந்தவை எனக் கருத இடமிருக்கிறது.

இச்சிறு கோள்களில் மிகப்பெரியது சீரிஸ் (Ceres) எனப் படுவது. இதன் விட்டம் 480 மைல்களாகும். ஆகவே இதன் குறுக் களவு நமது சந்திரனின் குறுக்களவில் சுமார் ஐந்தில் ஒரு பங்கு. இவற்றுள் மிகச் சிறிய கிரகத்தின் விட்டம் இரண்டு மைல். இதற்கு 'ஆமார்' (Amor) எனப் பெயரிட்டுள்ளனர். தொலை நோக்கியின் மூலம் இதைப் பார்த்தால், எட்டு மைல் தொலைவில் உள்ள 20 பைசா நாணயத்தைக் காணுவதை ஒத்திருக்கிறது என்று விஞ்ஞானிகள் கூறுகிறார்கள்.

ஈராஸ் (Eros) என்னும் சிறுகோள் ஒரு மங்கலான பொரு ளாகக் காணப்படுகிறது. இதனுடைய விட்டம் 17 மைல்கள். இந்தச் சிறுகோள் எதிர்த்திசை நிலையில் (opposition) பூமிக்கு வெகு சமீபமாக வருகிறது. இதைக்கொண்டு சூரியனின் தூரத்தையும்; அதன் தோற்றப் பிழையையும் (Parallax) கணக் கிட முடிவதால், இச் சிறுகோள் முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததாகும்.

லெக்ரான்ஜ் (Lagrange) என்னும் கணிதமேதை 3 பொருட்கள் சம்பந்தப்பட்ட வினாவிற்கு விடையை விளக்கும் போது பின்வரும் தத்துவத்தைக் கூறினார்.

மூன்று பொருட்கள் ஒரு சமபக்க முக்கோணத்தின் முனைகளில் பொருந்தியிருப்பின் அந்த அமைப்பு நிலையானதாக இருக்கும். அத்தகைய அமைப்பில் ஏதேனும் ஒரு பொருளுக்குச் சிறு அசைவு ஏற்படுமானால் அப்போது அம் முப்பொருள்

அமைப்பு சமபக்க முக்கோணத்தின் உச்சியை மையமாகக் கொண்டு ஊசலாடும். இதற்கு எடுத்துக் காட்டாக வானத்தில் உலவும் கோள்களில் கிட்டவில்லை. ஆனால் 1904ஆம் ஆண்டு அகில்லஸ் (Achilles) என்னும் சிறுகோள் கண்டுபிடிக்கப் பட்டதும், இந்தச் சிறு கோளும், சூரியனும், வியாழனும் ஒரு சமபக்க முக்கோண அமைப்பில் இருப்பதையும் கண்டார்கள். லெக்ரான்ஜ் கருதிய முப்பொருள் வினாவிற்கு இது எடுத்துக் காட்டாக அமைந்தது.

மேலும் 10 சிறு கோள்கள் சூரியனைச் சுற்றி வருகையில், வியாழனுடனும், சூரியனுடனும் சேர்ந்து சமபக்க முக்கோண அமைப்பை உண்டாக்குகின்றன எனத் தெரியவந்தது. ஆகவே இவை யாவும் லெக்ரான்ஜ் கூறிய வினாவிற்கு எடுத்துக்காட்டாக அமைகின்றன. இந்த 10 சிறு கோள்களின் பெயர்களாவன : Achilles, Hector, Patrocius, Nester, Priamus, Agamemnon, Odysseus, Aeneas, Anchises, Troilus. இவை யாவும் ஹோமரின் இதிகாசத்தில் வரும் வீரர்களின் பெயர்களைக் கொண்டிருப்பதால், இந்தப் பிரிவு டிரோஜன் தொகுதி (Trojan Group) என அறியப்படுகிறது.

5. உட்கோள்களின் இயக்கமும் பிறைகளும்— புறக்கோள்களின் விலக்கமும் பிறைகளும்

(INFERIOR PLANETS AND SUPERIOR PLANETS—THEIR PHASES)

சூரியனுக்கும் பூமிக்கும் இடையேயுள்ள புதன், சுக்கிரன் ஆகிய இரு கோள்களும் உட்கோள்கள் எனப்படும். மற்றக் கோள்கள் புறக்கோள்கள் எனப்படும். சந்திரனைப் போல் இவை வளர்பிறை, தேய்பிறைத் தோற்றங்களுடன் காணப்படுகின்றன. ஆனால் நமது வெறுங்கண்களைக் கொண்டு சந்திரனது வளர் பிறை, தேய்பிறைகளைப் பார்ப்பதுபோல் இக் கிரகங்களின் வளர்பிறை தேய்பிறைகளைக் காணமுடியாது. தொலைநோக்கியின் மூலமாகப் பார்க்கும்போதுதான் அவை தென்படும்.

உட்கோள்களின் பிறைகள் முற்றும் தேய்ந்து வளருகின்றன. ஆனால் புறக்கோள்களின் பிறைகள் அரைபிறைக்குக் கீழ் தேய்வதில்லை. இதன் காரணத்தைப் பின்பு விளக்குவோம். இவ்விரு பிரிவுகளிடையே மற்றொரு வகையிலும் மாறுபாடு காணப்படுகிறது. புதனையோ, வெள்ளியையோ காலையில் சூரியன் எழுவதற்கு முன்னரோ, அல்லது மாலையில் சூரியன் மறைந்த சற்று நேரத்திற்கோ அடிவானத்திலிருந்து சற்றே உயரத்தில் காணமுடியும். நடுவானிலோ, நடுநிசியிலோ அவைகளைக் காண இயலாது. புறக்கோள்களை இரவில் எந்த நேரத்திலும் காண முடியும். நடுவானிலும் காணமுடியும்.

வரையறை—(*1*) விலக்கம் அல்லது நீட்சி (Elongation): சூரியனும், கோளும் பூமியின்கண் உண்டாக்கும் கோணம் அக் கோளின் விலக்கம் (Elongation) எனப்படும்.

பூமியிலிருந்து பார்க்கும்பொழுது கோள் சூரியனுக்குக் கிழக்காக இருப்பின் இது கிழக்கு விலக்கமெனப்படும். இதே போல், கோள் சூரியனுக்கு மேற்காக விலகி இருந்தால் இது மேற்கு விலக்கமெனப்படும்.

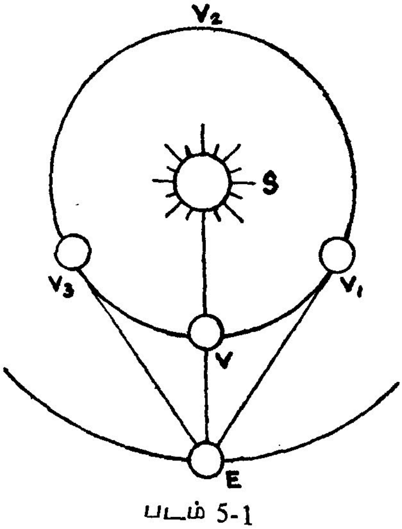
(2) கோளின் விலக்கம் 0° எனில், கோள் ஒருதிசை நிலையில் (conjunction) இருப்பதாகக் கூறப்படும். கோள் பூமிக்கு அண்மையில் இருப்பின் இது அண்மை ஒருதிசை நிலை (inferior conjunction) எனப்படும். கோள் பூமிக்கு வெகு தொலைவில் இருந்து சூரியனுடன் ஒருதிசையில் இருந்தால், அந்நிலை சேய்மை ஒரு திசை நிலை (superior conjunction) எனப்படும்.

(3) கோளின் விலக்கம் 180° ஆகில் அது பூமியில் இருந்து காணும்போது கோளும் சூரியனும், எதிர்த் திசைகளில் இருந்தால் கோள் எதிர்த்திசை நிலையில் (opposition) இருப்பதாகக் கூறப்படும்.

(4) ஒரு கோளின் விலக்கம் 90° எனில், அது அரைப்பிறை நிலையில் (Quadraphere) இருப்பதாகக் கூறப்படும்.

உட்கோள்களின் இயக்கமும் பிறைகளும்

உட்கோள்கள் இரண்டினுள் வெள்ளியின் இயக்கத்தைக் கருதுவோம். படத்தில் வெள்ளியின் பாதை காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 5-1

அதன் பாதையை வட்டமெனக் கொள்வோம். *S* என்பது சூரியனையும் *E* என்பது பூமியையும் குறிக்கிறது.

ஒருதிசை நிலைகள் : V என்னும் இடத்தில் வெள்ளி வரும் போது, Eயிலிருந்து, அதாவது நமக்கு, வெள்ளியும் சூரியனும் ஒரே திசையில் இருக்கின்றன. அன்று வெள்ளி சூரியனுடன் எழுந்து சூரியனுடன் மறையும். Vஎன்பது பூமிக்கு அருகில் உள்ள நிலை. ஆகவே வெள்ளியின் V என்னும் நிலை, 'அண்மை ஒருதிசை நிலை' (Inferior conjunction) எனப்படும். அன்று வெள்ளி சூரியனுடன் எழுந்து மறைவதால் சூரிய வெளிச்சத்தில் கண்ணுக்குத் தோன்றாது. மேலும் அதன் இருண்ட பாகமே நம் பக்கமாக இருக்கும்.

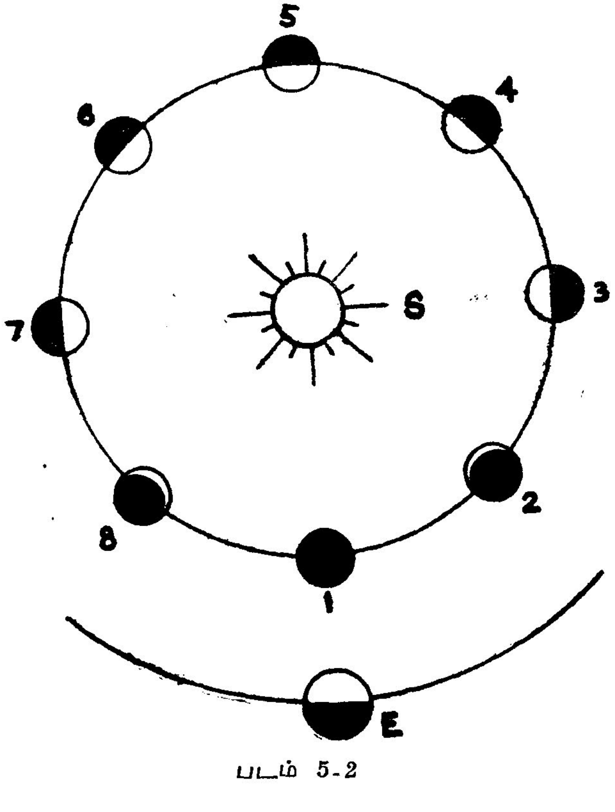
நாட்கள் செல்லச்செல்ல, வெள்ளி V_1 என்ற நிலையை நோக்கிச் செல்கிறது. அதன் திசை சூரியனது திசையினின்று விலகுகிறது. இந்தத் திசைமாற்றம் கோளின் 'விலக்கம்' (Elongation) எனப்படும். வெள்ளிக்கு விலக்கம் மிக அதிகமாக இருக்கும் போது பூமியுடன் வெள்ளியைச் சேர்க்கும் கோடு கோளின் பாதைக்குத் தொடுகோடாகும். இந்நிலையே V_1 எனக் குறிக்கப் பட்டிருக்கிறது. $\angle SEV_1$ என்பதே சூரியனிலிருந்து கோளின் மிக அதிக விலக்கமாகும். இதைவிட அதிகமாக வெள்ளி சூரியனிடமிருந்து விலக முடியாது. இந்தக் கோணம் மேற்கு விலக்கமாகும். இதன் அதிகபட்ச மதிப்பு 47° ஆகும். வெள்ளி சூரியன் எழுமுன்னரே எழுந்து சூரியனுக்கு 47° மேற்காக அதாவது கிழக்கு அடிவானத்தில் 'விடிவெள்ளி' யாகக் காட்சியளிக்கும். வெள்ளி V_2 என்னும் நிலைக்கு வரும்போது அது மறுபடியும் சூரியனுடன் ஒருதிசை நிலையில் இருக்கும். ஆனால் பூமிக்கு வெகு தொலைவில் உள்ளது. இந்நிலை கோளின் 'சேய்மை ஒரு திசை நிலை' (Superior conjunction) எனப்படும். பின்னர் கோளின் நிலை சூரியனிருக்கும் திசைக்குக் கிழக்காகிறது. சூரியன் மேற்கில் மறைந்த பின்னர் மேற்கு அடிவானத்தில் மாலை வெள்ளியாகத் தோன்றும்.

வரையறை : ஒரு கோள் பூமிக்கும், சூரியனுக்கும் இடையே வந்து இம்மூன்றும் ஒரு நேர்கோட்டில் அமைந்தால் அந்நிலை 'அண்மை ஒருதிசை நிலை' (Inferior conjunction) எனப்படும்.

சூரியன் பூமிக்கும் அந்தக் கோளுக்கும் இடையே காணப் பட்டு இம்மூன்றும் ஒரே நேர்கோட்டில் அமைந்தால் அக்கோளின் நிலை 'சேய்மை ஒருதிசை நிலை' (Superior conjunction) எனப் படும்.

கோளின் பிறைகள்

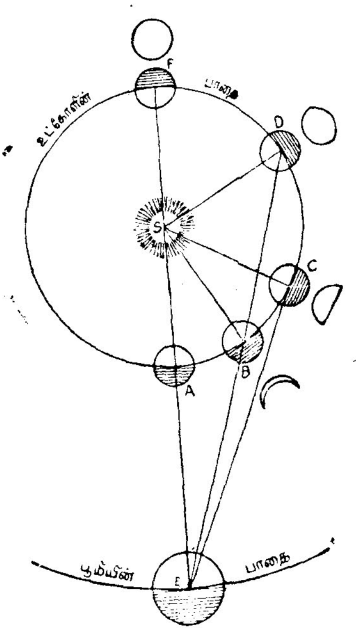
வெள்ளி அண்மை ஒருதிசை நிலையை அடையும்போது அதன் ஒளி பெறாத இருண்ட அரைக்கோளம் நம் பக்கமாக இருக்கிறது. இது அமாவாசை போன்றது. சில நாட்கள் சென்றதும் ஒளிபெற்ற பாகம் சிறிதளவு காணப்படுகிறது. இவ்வாறாக ஒளிபெற்ற முழு அரைக்கோளமும் வெள்ளி



படம் 5-2

'சேய்மை ஒருதிசை நிலையில்,' வரும்போது நம் பக்கமாக இருக்கிறது. அப்பொழுது பிறை முழு அளவாகும்; அதாவது பௌர்ணமி அல்லது முழுமதி போன்றது. ஆயினும், சூரியனிருக்கும் திசையில் இருப்பதால் கண்ணுக்குத் தோன்றாது. பிறகு பிறை தேய்ந்து மறுபடியும் 'அண்மை ஒருதிசை நிலைக்கே' வரும். படத்தில் கோள் 2, 8 நிலைகளில் இருக்கும் போது பிறை வடிவுடனும் அதிகப் பிரகாசத்துடனும் விளங்கும். வெள்ளி மிகவும் பிரகாசமாக விளங்கும் காலம் அதன் பிறை

மிக அதிகமாக இருக்கும் 4, 6 நிலைகளில் அல்ல. அண்மை ஒரு திசை நிலைக்கு வருவதற்குச் சில நாள் முன்னரும், வந்த பிறகு சில நாட்கள் பின்னரும் அதாவது 2, 8 நிலைகளில் மிகப் பிரகாசத்துடன் காணப்படும். ஏனெனில், அப்போது பூமிக்கு அருகில் இருப்பதால் பிறையின் வட்டம் பிரகாசமாகத் தோன்றும்.



படம் 5-3

ஆகவே, ஓர் உட்கோளுக்கு இரு ஒருதிசை நிலைகள் உள்ளன. மேலும் அது ஒரு போதும் நேர் எதிர்த் திசை நிலையில் (opposition) இருக்க முடியாது. ஏனெனில் ஓர் உட்கோளின் விலக்கம் 0° முதல் ஒரு குறுங்கோண அளவிற்கு உயர்ந்து மறுபடியும் 0° க்குக் குறைகிறது.

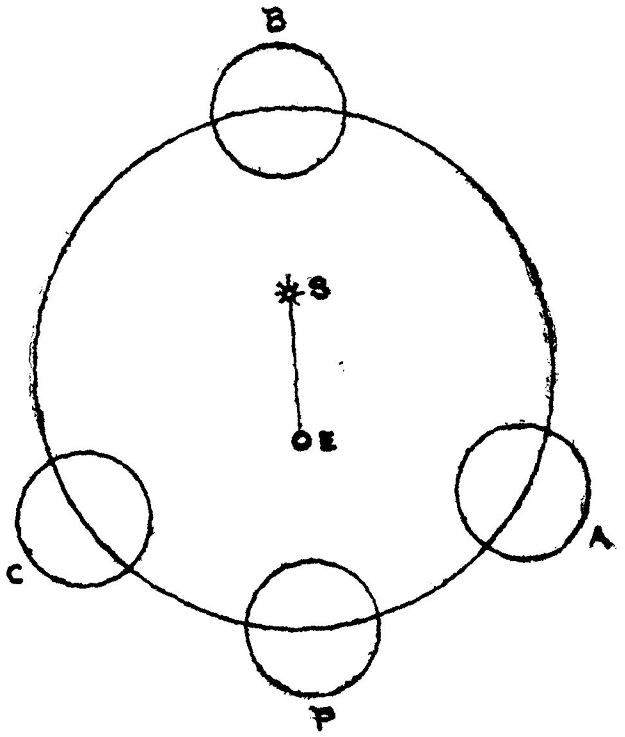
புதன் : வெள்ளிக்குக் கூறியவற்றைப் புதனுக்கும் சொல்லலாம். ஆனால் புதனின் மிக அதிகமான விலக்கக்கோணம் 28° தான். எனவே சாதாரணமாக சூரியனிடமிருந்து புதனின் கோண தூரம் மிகக் குறைவே. ஆகவே, சூரியன் மறைந்த பிறகு நிலவும் மெல்லொளியில் புதன் காணப்படுவதில்லை. புதனின் விலக்கம் மீப்பெருமதிப்பைப் பெறும்போதுமட்டும் தொலை நோக்கி மூலம் புதனைக் காண முடியும்.

புறக்கோள்களின் விலக்கமும், பிறைகளும்

படத்தில் *E* என்பது பூமி, *S* என்பது சூரியன், *P* என்பது செவ்வாய் அல்லது வியாழன் அல்லது சனி ஆகிய கிரகம் எனக் கொள்வோம். *P*யின் நிலை *SE*ஐச் சேர்க்கும் கோட்டில் இருந்தால், அது சூரியனிருக்கும் திசைக்கு எதிர்த்திசையில் இருக்கிறது. இந்நிலை கோளின் எதிர்த்திசை நிலை (opposition) எனப்படும்.

வரையறை : பூமியானது சூரியனுக்கும், கோளுக்கும் இடையே வந்து அவை மூன்றும் ஒரு நேர்கோட்டில் காணப் பட்டால், அக்கோள் 'எதிர்த்திசை நிலையில்' (opposition) இருப்பதாகக் கூறப்படும்.

இந் நிலையில் உள்ளபோது, சூரியன் மறையும்போது கோள் உதிக்கும்; நள்ளிரவில் உச்சி வானில் வரும். காலையில் மறையும்.



படம் 5-4

சூரியனது ஒளி விழும் முழு அரைக்கோளமும் இந்த நிலையில் கண்ணுக்குத் தோன்றும். ஆகவே முழுப்பிறையுடன் விளங்கும். பூமிக்கு அருகில் இருப்பதால், மிகவும் பிரகாசமாக விளங்கும். செவ்வாய், வியாழன், சனி என்னும் கிரகங்களை இந்நிலையில் பார்க்க அழகாக இருக்கும். கோள் *B* என்ற நிலைக்கு வரும் போது அது சேய்மை ஒருதிசை நிலையில் (conjunction) இருக்கும்.

கோள் *A* அல்லது *C* என்னும் நிலையில் வரும்போது கோளின் ஒளி பெறும் அரைக்கோளத்தில் பாதிக்குமேல் தெரியும். மற்ற எல்லா நிலைகளிலும் கோளின் ஒளி பெறும் பாகம் இதற்கு மேலாகவே தெரியும். ஆகவே, புறக்கோள்கள் எப்போதும் அரைப் பிறைக்கு மேலாகவே தெரியும்.

புறக்கோள்கள்பற்றிய முக்கிய விவரங்கள்

சூரியனுக்கு இருபுறங்களிலும், புறக்கோளின் விலக்கம் 0° முதல் 180° வரை எல்லா மதிப்புகளையும் பெறும். மேலும், புறக்கோள் எப்போதும் அண்மை ஒருதிசை நிலையில் இருக்க முடியாது.

இவ்வகைகளில் புறக்கோள்கள், உட்கோள்களிலிருந்து தோற்றத்தில் மாறுபடுகின்றன.

கோள்களின் நேர், பிற்போக்கு இயக்கங்களும், திசைமாறா நிலைகளும் (Direct and retrograde motions of planets—their stationary positions)

ஒரு சிறிய இடைவெளிக்குப்பின் ஒரு கோளின் இரு அடுத்தடுத்த திசைகளை ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும்போது, அது வலஞ்சுழியாக (Clockwise) நகர்வதாகத் தோன்றினால் அவ்வியக்கம் **பிற்போக்கு இயக்கம்** (Retrograde motion) எனப்படும். மேலே கூறியபடி ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும்போது அது இடஞ்சுழியாக (Counter clockwise) நகர்வதானால் அவ்வியக்கம் நேரியக்கம் (Direct motion) எனப்படும்.

உட்கோள்கள் அண்மை ஒருதிசை நிலையில் உள்ளபோதும், புறக்கோள்கள் எதிர்த்திசை நிலையில் உள்ளபோதும் பிற்போக்கு இயக்கம் கொண்டுள்ளதாகக் காணப்படுகின்றன.

ஆகவே எல்லாக் கோள்களும் பூமிக்கு மிக அருகில் உள்ளபோது பிற்போக்கு இயக்கமாகக் காணப்படுகின்றன.

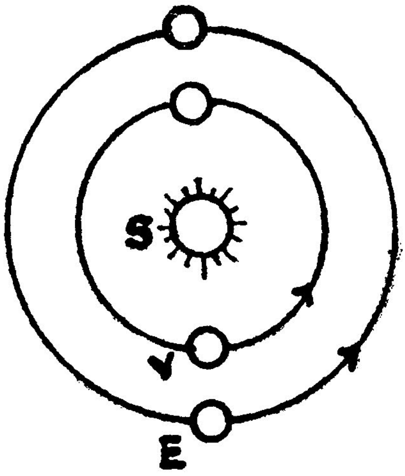
பிற்போக்கு இயக்கம் நின்று நேரியக்கம் ஆரம்பிக்கும் சமயத்தில் ஒரு மிகச் சிறு நேரம் இரண்டு கோள்களும் திசை மாறாது இணையாக நகர்ந்திருக்கும். இந்நிலை அவ்விரு கோள்களின் '**திசைமாறா நிலை**' (Stationary position) எனப்படும்.

நட்சத்திரங்களுக்கு இடையில் கோள்கள் சாதாரணமாக மேற்கிலிருந்து கிழக்காக நகருகின்றன. இது நேரியக்கம் (direct motion) எனப்படும். இவ்வாறு மேற்கிலிருந்து கிழக்காக நகரும்பொழுது, அவை சிறிது காலம் திசைமாறா நிலையில் இருந்து பிறகு எதிர்த் திசையில் அதாவது கிழக்கிலிருந்து மேற்காகச் செல்வதாகத் தோன்றும். மீண்டும் திசைமாறா நிலையில் இருந்து மறுபடியும் மேற்கிலிருந்து கிழக்கு இயக்கத்தைத் தொடரும். கோள்கள் இவ்வாறு சிலகாலம் கிழக்கிலிருந்து மேற்காகச் செல்வது பிற்போக்கு இயக்கம் அல்லது வக்கிரகதி (retrograde motion) எனப்படும்.

பூமியில் உள்ள பார்வையாளனுக்கு இந்தப் பிற்போக்கு இயக்கம் ஒரு தோற்றமே ஒழிய உண்மையன்று. பூமியும், கோளும் வெவ்வேறு வேகங்களுடன் இயங்குவதால் இது ஏற்படுகிறது.

சூரியனிலிருந்து காணும் ஒரு பார்வையாளனுக்கு எல்லாக் கோள்களும் நட்சத்திரங்களுக்கு இடையில் ஒரே மாதிரியாக இயங்குவதாகத் தோன்றும்.

இப்பொழுது பூமியிலிருந்து பார்க்கும்போது ஓர் உட்கோளோ அல்லது புறக்கோளோ எவ்வாறு பிற்போக்கு இயக்கம் (retrograde motion) அல்லது நேரியக்கம் உள்ளதாகக் காணப்படுகிறது என்பதை விளக்குவோம்.



படம் 5-5

படத்தில் *S* என்பது சூரியனையும், *V* என்பது சுக்கிரனையும், *E* என்பது பூமியையும் குறிக்கட்டும். இந்நிலை அண்மை ஒரு

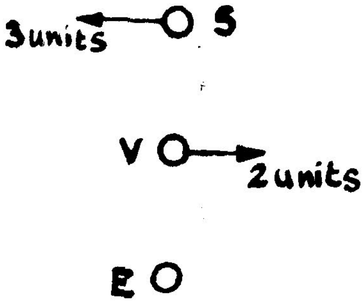
திசை நிலை (inferior conjunction). எல்லாக் கோள்களும் சூரியனை ஒரே திசையில்தான் சுற்றிவருகின்றன என்பதை மனத்தில் கொள்ளவேண்டும்.

V என்ற கோள் *E*-யை விட சூரியனுக்கு அருகில் உள்ளதால் அதன் கோண வேகமும், நெட்டு வேகமும் (linear velocity) *E*-ன் வேகங்களை விட அதிகமாகும்.

V, *E*-ன் வேகங்கள் முறையே 5, 3 அலகுகள் எனக் கொள்வோம்.

E யில் உள்ள பார்வையாளனுக்குத் தன்னுடைய இயக்கம் பற்றித் தெரியாது. இதர பொருள்கள் அவனைப்பற்றி இயங்குவதாகத் தோன்றும்.

E யில் உள்ள பார்வையாளனுக்கு *V* தன்னைச் சுட்டி (5 — 3) = 2 அலகுகள் வேகத்துடன் கிழக்காகவும், *S*, சூரியன் 3 அலகுகள் வேகத்துடன் மேற்காகவும் படத்தில் காட்டியபடி செல்வதாகத் தோன்றும். [*E*-ன் வேகத்தை எதிர்த் திசையில் *E*, *V*, *S*-க்குக் கொடுக்க, *E* நிலைத்திருக்க, *V* 2 அலகு வேகத்துடன் வலப்புறமாகவும், *S* 3 அலகு வேகத்துடன் இடப்புறமாகவும் செல்வதாகத் தோன்றும்.

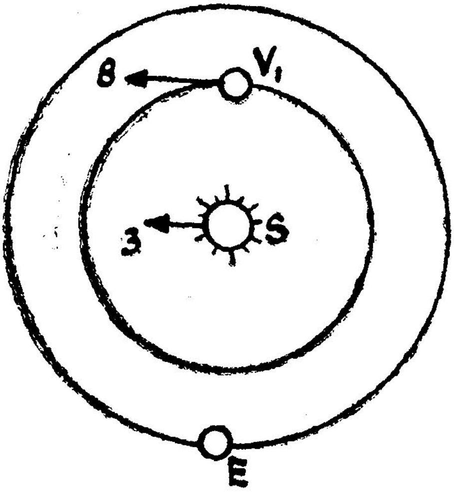


படம் 5-6

ஆகவே, *E*-யைச் சுட்டி, *V* வலப்புறமாக (அல்லது) வலஞ்சுழியாகச் செல்வதாகத் தோன்றும். வலஞ்சுழி இயக்கத்தைப் பிற்போக்கு இயக்கம் (Retrograde motion) எனக் கூறுவது மரபு. ஆகவே, படத்தில் காட்டிய அண்மை ஒருதிசை நிலையில் (inferior conjunction) சுக்கிரனின் அல்லது ஓர் உட்கோளின் இயக்கம் வலஞ்சுழியாக உள்ளது.

அடுத்து வெள்ளி V_1 என்ற நிலைக்கு வரும்போது அது மறுபடியும் சூரியனுடன் ஒருதிசை நிலையில் உள்ளது. ஆனால் பூமிக்கு வெகு தொலைவில் உள்ளது. இந்நிலை கோளின் சேய்மை ஒருதிசை நிலை (Superior conjunction) எனப்படும்.

இப்பொழுது, E, V_1, S-க்கு Eயின் இயக்கத்திற்கு எதிர்த் திசையில் 3 அலகுகள் வேகம் கொடுக்கவும். இதனால், E நிலையாக இருக்க, Eயைச் சுட்டி S சூரியன் இடப்புறமாக 3 அலகுகள் வேகத்துடனும் V_1 சுக்கிரன் 8 அலகுகள் வேகத்துடன் இடஞ்சுழியாகச் சுற்றுவதாகக் காணப்படும். இடஞ்சுழி இயக்கத்தை நேரியக்கம் (Direct motion) எனக் குறிப்பிடுகிறோம்.



படம் 5–7

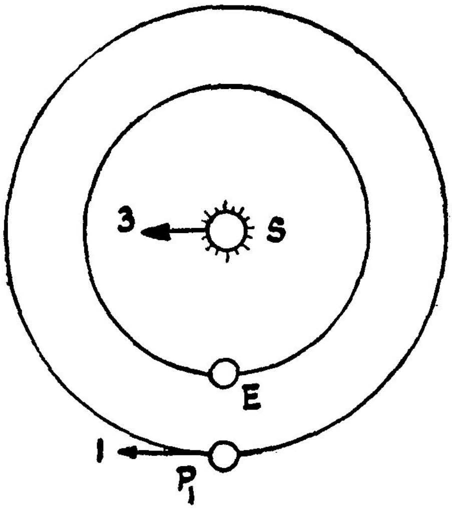
ஆகவே சேய்மை ஒருதிசை நிலையில் (Superior conjunction) ஓர் உட்கோள் நேரியக்கம் கொண்டுள்ளதாகக் காணப்படுகிறது. ஆனால் அண்மை ஒருதிசை நிலையில் சுக்கிரன் பிற்போக்கு இயக்கம் கொண்டுள்ளதாகப் பார்த்தோம்.

எனவே, அண்மை ஒருதிசை நிலைக்கும் சேய்மை ஒருதிசை நிலைக்கும் இடையில் பிற்போக்கு இயக்கம் நின்று நேரியக்கமாக மாறி இருக்கவேண்டும். இத் திசை மாற்றம் ஏற்படும் நிலையில் ஒரு மிகச் சிறுநேரம் V, E ஆகிய இரு கோள்களும் ஒன்றுக் கொன்று திசை மாறாது இணையாக நகர்ந்திருக்க வேண்டும். இந்நிலை இவ்விரு கோள்களின் திசைமாறா நிலை (Stationery position) எனப்படும்.

புறக்கோளின் தோற்ற இயக்கம்

இனிப் புறக்கோளின் தோற்ற இயக்கத்தை ஆராய்வோம்.

படத்தில் *S* சூரியனையும், *E* பூமியையும், *P* ஒரு புறக் கோளையும் குறிக்கட்டும். கோளின் P_1 என்ற நிலையில் பூமி

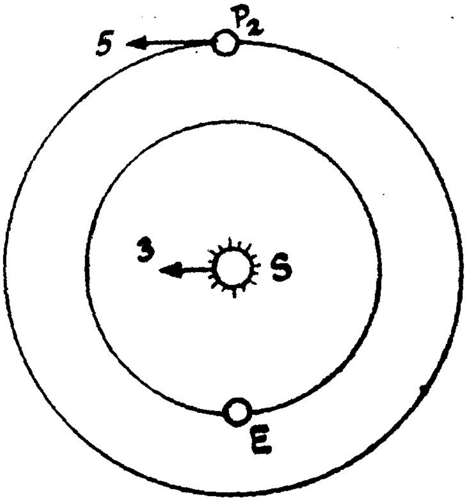


படம் 5-8

யானது சூரியனுக்கும் கோளுக்கும் நேர் இடையே அமைகிறது. இது அண்மை எதிர்த்திசை நிலையாகும். பூமி சூரியனுக்கு அருகில் இருப்பதால் P_1 அதன் வேகம் புறக்கோளின் வேகத்தை விட அதிகமாக இருக்கும்.

இப்பொழுது, பூமியின் வேகம் 3 அலகுகள் என்றும், புறக் கோளின் வேகம் 2 அலகுகள் என்றும் கொள்வோம். *S, E, P* ஆகிய ஒவ்வொன்றின் மீதும் பூமியின் வேகமாகிய 3 அலகுகள் வேகத்தை எதிர்த் திசையில் பொருத்த, பூமி நிலைத்திருக்க பூமி யைச் சுட்டி சூரியன் 3 அலகுகள் வேகத்துடன் இடஞ்சுழியாக நகர *P* ஆனது P_1 என்ற நிலையில் 1 அலகு வேகத்தில் வலஞ்சுழி யாக நகருவதாகத் தோன்றும். ஆகவே P_1 நிலையில் புறக்கோள் பிற்போக்கு இயக்கம் கொண்டுள்ளதாகத் தோன்றும்.

இதேபோல் கோளின் P_2 நிலையில் (சேய்மை ஒருதிசை நிலையில்) கோள் இடஞ்சுழியாக (அல்லது) நேரியக்கம் கொண்டுள்ளதாகக் காணப்படும்.



படம் 5-9

கோள்களின் சுற்றுகாலங்கள்

ஒரு கோள் சூரியனை ஒரு முறை சுற்றிவருவதற்கு எடுத்துக் கொள்ளும் காலம் அக்கோளின் **சுற்றுகாலம்** (Periodic time) எனப்படும்.

இதைப் பின்வருமாறு விவரிக்கலாம். ஒரு கோள் இன்று ஒரு நட்சத்திரத்தினருகில் காணப்பட்டால் அதே நட்சத்திரத்தினருகில் மீண்டும் கோள் தோன்றுவதற்காகும் காலம், அண்ட வெளியில் கோள் சூரியனை ஒரு சுற்றுச் சுற்றி வருவதற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் காலமாகும். இது **விண்மீன்வழிச் சுற்று காலம்** (Siderial period) எனப்படும். இதையே சுற்றுகாலம் (periodic time) ஆகக் கொள்கிறோம்.

ஞாயிற்றுவழிச் சுற்றுகாலம் (Synodic period) : ஒரு கோள் சூரியனுடன் ஒருதிசை நிலையில் இருந்து மறுபடியும் அதேவித ஒருதிசை நிலைக்குக் கோள் வரும் காலம் ' சூரியவழிச் சுற்று காலம் ' (Synodic period) எனப்படும்.

(அதாவது) ஓர் உட்கோளின் அடுத்தடுத்த இரு அண்மை நிலைகள் அல்லது இரு சேய்மை நிலைகளுக்கு இடைப்பட்ட காலத்தை அந்த உட்கோளின் சூரியவழிச் சுற்றுகாலம் எனக் கூறுகிறோம்.

(அதாவது) பூமியின் பின்னணியில் ஒரு கோள் சூரியனைச் சுற்ற எடுத்துக்கொள்ளும் காலம்.

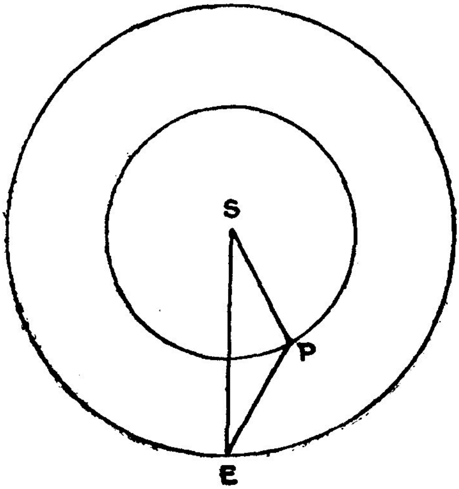
ஒரு கோளின் காலம் ஞாயிற்றுவழிச் சுற்றுகாலம் (Synodic period) தெரிந்தால், அதன் (மீன்வழிச்) சுற்றுகாலம் (Periodic time) காணல்.

உட்கோள்

கோளின் (மீன்வழிச்) சுற்றுகாலம் (Periodic time) = P நாட்கள் என்க

பூமியின் (மீன்வழிச்) சுற்றுகாலம் (Periodic time) = E நாட்கள் ஆகுக

கோளின் ஞாயிற்றுவழிச் சுற்று காலம் (Synodic period) = S நாட்கள் ஆகுக



படம் 5–10

$$1 \text{ நாளில் கோள் நகரும் கோணம்} = \frac{360°}{P}$$

$$1 \text{ நாளில் பூமி நகரும் கோணம்} = \frac{360°}{E}$$

உட்கோள், பூமியைவிட அதிக வேகமாகச் சுற்றுவதால், 1 நாளில் பூமியைவிட கோள் அதிகம் செல்லும் கோணம்

$$= \frac{360°}{P} - \frac{368}{E}$$

ஆனால், ஞாயிற்றுவழிச் சுற்றுகாலம் $= S$ நாட்கள் ஆதலால், பூமியைவிட கோள் 1 நாளில் அதிகம் செல்லும் கோணம்

$$= \frac{360°}{S} \text{ ஆகும்.}$$

$$\therefore \quad \frac{360°}{P} - \frac{360°}{E} = \frac{360°}{S}$$

$$\therefore \quad \frac{1}{P} - \frac{1}{E} = \frac{1}{S} \quad (1)$$

இச் சமன்பாட்டில் $E = 365{\cdot}25$ நாட்கள். ஆகவே S தெரிந்தால் P ஐக் கணக்கிடலாம்.

புறக்கோள் ஒன்றைக் கருதும்போது, புறக்கோள் பூமியை விடத் தாமதமாகச் சுற்றுவதால், மேலே (1)ல் பெறப்பட்ட சூத்திரம்

$$\frac{1}{E} - \frac{1}{P} = \frac{1}{S} \quad (2) \text{ என மாறும்.}$$

குறிப்பு : சமன்பாடு (1)ல், P உட்கோள், E புறக்கோள்
சமன்பாடு (2)ல், E உட்கோள், P புறக்கோள்

பயிற்சி : 1. புதனுடைய இரு அண்மை ஒருதிசை நிலைகளுக்கு (two inferior conjunctions) இடையிலுள்ள காலம் 116 நாட்கள் எனின், அதன் சுற்றுகாலம் (Periodic time or siderial period) என்ன ?

[விடை $P = 88$ நாட்கள்]

2. சனிக்கிரகத்தினுடைய இரு அடுத்தடுத்த ‘எதிர்த்திசை நிலைகளுக்கு’ (two successive oppositions) இடையே 378 நாட்கள் இருப்பின், சனிக்கிரகத்தினுடைய ஆண்டுக்காலம் எவ்வளவு ?

[விடை : 29·6 வருடம்]

3. சூரியனிலிருந்து வியாழனின் தூரம், சூரியனிலிருந்து பூமியின் தூரத்தைப் போல் 5·2 மடங்காயின், பூமியும் வியாழனும் இரு அடுத்தடுத்த ஒருதிசை நிலைகளில் இருக்கும் கால இடைவெளியை வருடங்களில் காண்க.

$$\left[1\ \frac{50}{543}\ \text{வருடம்}\right]$$

4. சனிக்கிரகத்தின் சூரியவழிச் சுற்றுகாலம் 378 நாட்கள் எனின், சூரியனிலிருந்து சனிக்கிரகத்தின் சராசரி தூரத்திற்கும், சூரியனிலிருந்து பூமியின் சராசரி தூரத்திற்கும் உள்ள விகிதம் காண்க.

$$\left[\frac{1}{365\frac{1}{4}\ \text{நாட்கள்}} - \frac{1}{P\ \text{நாட்கள்}} = \frac{1}{378\ \text{நாட்கள்}}\right.$$

$$\therefore \quad \frac{1}{P} = \frac{1}{365\frac{1}{4}} - \frac{1}{378} = \frac{12\frac{3}{4}}{365\frac{1}{4} \times 378}$$

$$\therefore \ P = \frac{378}{12\frac{3}{4}} \times 365\tfrac{1}{4}\ \text{நாட்கள்} = \frac{378}{12\frac{3}{4}}\ \text{வருடங்கள்}$$

கெப்ளரின் மூன்றாவது விதியின்படி, $\frac{P^2}{a^3} = \frac{1^2}{b^3}$

இங்கு a என்பது சூரியனிலிருந்து சனியின் தூரம். b என்பது சூரியனிலிருந்து பூமியின் சராசரி தூரம்.

$$\therefore \ \frac{a^3}{b^3} = \frac{P^2}{1^2} = P^2$$

$$\therefore \ \frac{a}{b} = \sqrt[3]{P^2} = P^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{378}{12\frac{3}{4}}\right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{1512}{51}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$\therefore \ \log\left(\frac{a}{b}\right) = \frac{2}{3}\left[\log 1513 - \log 51\right]$$

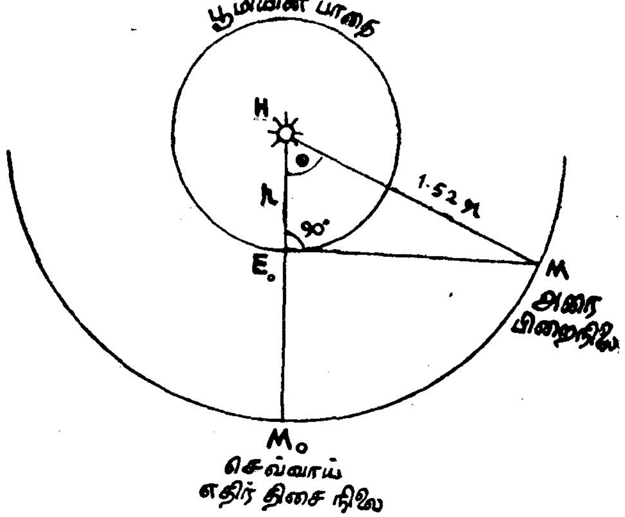
$$= \frac{2}{3}\left[3.1796 - 1.7076\right] = \cdot 9813$$

$$\left.\frac{a}{b} = \text{antilog}\ \cdot 9813 = 9\cdot 6\right].$$

5. சுக்கிரனின் மீப்பெரு விலக்கம் = 45° அதன் மீன்வழிச் சுற்றுகாலம் = 8/13 வருடம். அதன் ஒரு மீப்பெரு விலக்க நிலைக்கும் மற்றொன்றிற்கும் கால இடைவெளி 6/5 வருடங்கள் அல்லது 2/5 வருடங்கள் என மாறி மாறி ஆகுமெனக் காண்பி.

6. சந்திரனின் கதிரவன்வழிச் சுற்றுகாலம் (Synodic period) $29\frac{1}{2}$ நாட்கள் எனின், அதன் மீன்வழிச் சுற்றுகாலத்தைக் கணக்கிடுக.

7. செவ்வாய் கிரகத்தின் கதிரவன்வழிச் சுற்றுகாலம் (Synodic period) 780 நாட்கள். செவ்வாயின் பாதையின் ஆரம் பூமியின் பாதையின் ஆரத்தைப்போல் 1·52 மடங்காகும். செவ்வாய் எதிர்த்திசை நிலையிலிருந்து அரை பிறை நிலைக்குச் (Quadrature) செல்ல எவ்வளவு நாட்களாகும் ?



படம் 5.11

[செவ்வாய் எதிர்த்திசை நிலையில் இருக்கும்போது, சூரியன் H, பூமி E_0, செவ்வாய் M_0 ஒரே நேர்கோட்டில் அமைகின்றன. செவ்வாய் அரை பிறை நிலை (Quadrature)ல் இருக்கும்போது

$\angle HE_0M$ = ஒரு செங்கோணம்

வில் M_0M சூரியனிடம் θ கோணம் ஏற்படுத்தினால்,

$$\text{Cos}\,\theta = \frac{r}{1{\cdot}52r} = \frac{1}{1{\cdot}52} = \frac{100}{152} = \frac{25}{38} = {\cdot}6579$$

$$\therefore \quad \theta = 48^\circ\ 51'\ 30''$$

கதிரவன்வழிச் சுற்றுகாலம் 780 நாட்கள் என்பது, HE_0 என்னும் நேர்கோட்டை நிலையாகக் கொண்டு செவ்வாய் சூரியனை 360° சுற்றுவதற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் காலத்தைக் குறிப்பதால், θ° கோணம் சுற்றுவதற்கு ஆகும் காலம்

$$= \frac{\theta^\circ}{360} \times 780 \text{ நாட்கள்} = \frac{48\dfrac{103}{120}}{360} \times 780 = 105{\cdot}8$$

நாட்கள்]

8. சுக்கிரனின் (மீன்வழிச்) சுற்றுகாலம் = 224·7 நாட்கள். அதன் மீப்பெருவிலக்கம் = 45°. அது ஏதேனும் ஒரு ஒருதிசை நிலையிலிருந்து அடுத்த மீப்பெரு விலக்க நிலையை அடைய எடுத்துக்கொள்ளும் காலத்தைக் கணக்கிடுக.

[73 நாட்கள்; 219 நாட்கள்]

6. வால் நட்சத்திரங்கள், எரிமீன்கள், எரிகற்கள்

(COMETS, METEORS, METEORITES)

சூரியமண்டலத்தில் கோள்கள் (Planets), குட்டிக்கோள்கள் (Asteroids) இவற்றைத் தவிர வால் நட்சத்திரங்கள் (Comets), எரிமீன்கள் (Meteors), எரிகற்கள் (Meteorites) என்ற பொருள்களும் சஞ்சரித்து வருகின்றன. இவற்றில், வால்மீன்கள் வானத்தில் தோன்றுவது மிகக்கொடும் துர்ச்சகுனங்களாகப் பண்டைக் காலத்தில் எல்லா நாட்டினர்களாலும் கருதப்பட்டது. இலக்கியங்களில் வால்நட்சத்திரத்தை ' தூமகேது ' எனவும் ' புகைக் கொடி ' எனவும் வருணிக்கின்றனர். கொடும்போர்கள், பஞ்சங்கள், கொள்ளை நோய்கள் முதலிய கோர விபத்துகள் நேரிடுவதற்கு முன்னர் அவற்றின் அறிகுறியாக வால்நட்சத்திரங்கள் தோன்றுவதாக இன்னமும் மக்களிடையே ஓர் எண்ணம் இருந்து வருகிறது. இவ்வாறு உலகினுக்கு அச்சத்தை விளைவிக்கும் வால்மீன் எத்தகையது எனக் காண்போம்.

வால்மீன்களும் சூரியனைச் சுற்றி வருவன ஆயினும், கோள்களைப் போல் திண்மையானவையல்ல. சூரியனைச் சுற்றி வால் நட்சத்திரங்கள் வரும் மண்டலங்களின் அமைப்பு, கிரகங்களின் மண்டலங்களின் அமைப்பிலிருந்து வேறுபட்டிருக்கிறது. கோள்களின் தளங்கள் யாவும் ஏறக்குறைய ஒரே தளத்தில் அமைந்துள்ளன. வெவ்வேறு வால்நட்சத்திரங்களின் பாதைகள் வெவ்வேறு தளத்தில் அமைந்துள்ளன. கோள்களின் பாதைகள் மையத் தொலைத்தகவு (eccentricity) அதிகமில்லாத நீள் வட்டங்களாகும். வால்மீன்களின் பாதைகள் மையத் தொலைத்தகவு அதிகமுள்ள நீள்வட்டங்களாகும். ஒரு சில வால்மீன்களின் பாதைகள் பரவளைவாக (Parabola) அமைகின்றன. கோள்கள் யாவும் சூரியனை இடமாகச் சுற்றுகின்றன. வால்நட்சத்திரங்களில் ஒரு சில இடமாகவும், மற்றும் சில வலமாகவும் சூரியனைச் சுற்றுகின்றன.

ஒரு வால் நட்சத்திரம் சூரியனிலிருந்து அதிக தூரத்தில் இருக்கும்போது அது இருப்பதே தெரியாது. இது வானத்தில் தோன்றும்போது மிகுந்த ஆர்ப்பாட்டத்துடன் விசித்திரமாகத் தோற்றம் அளிக்கும். ஒளிமயமான நீண்ட வெண்மேகம்போல் காட்சி அளிக்கும். சூரியனுக்குச் சமீபமாக வரும்போது அதன் தலைப்பகுதியும், வாலும் நன்கு தோன்றும். இதன் மிகப் பிரகாசமான பாகமே தலை எனப்படும். இதைக் கரு (Nucleus) என்றும் கூறுவார்கள். இதிலிருந்து வெண்சாமரை இழைகள் போன்ற வால்பகுதி நீண்டு தோன்றுகிறது. சூரியனை அணுக, அணுக வால் நட்சத்திரத்தின் தலை பெரியதாகிக்கொண்டே வரும். வாலும் நீண்டுகொண்டு வரும். வால் எப்போதும் சூரியனைக் கண்டு அஞ்சுவதுபோல் பின்னோக்கியே தோன்றும். சூரியனைக் கடந்த பின்னர் அதைவிட்டு அப்பால் செல்லும்போது வால் முன்புறமும், தலை பின்புறமும் தோன்றும்.

வால் நட்சத்திரத்தின் அமைப்பை மூன்றாகப் பிரிக்கலாம். (i) மிக்க ஒளிபொருந்திய கரு (Nucleus); (ii) அதைச் சுற்றியுள்ள படலம் (Coma); (iii) வால்.

கரு : தலையின் நடுவில் ஒளிபொருந்திய பாகம். இது திண்மையானதன்று. உடைபட்ட துகள்கள், பொடிகளாலானது.

படலம் : கருவைச் சுற்றி அமைவது. வால்மீன் சூரியனை அணுகும்போது அதன் படலம் முதன்முதலில் ஒளியுடன் தென்படுகிறது. வெண்புகை சூழ்ந்த விண்மீனெனத் தோற்றுகிறது. அதன் அளவு மிகப்பெரிது. வெற்றுக் கண்ணுக்குத் தோற்றும் வால்மீன்களின் படலக் குறுக்களவு 10,000 மைலிலிருந்து 10 லட்சம் மைல்வரை இருக்கலாம். சூரியனை அணுகஅணுக இந்தக் குறுக்களவு சற்றே குறையலாம்.

வால் : சூரியனை நெருங்கும்போதுதான் வால்கள் தோன்றுகின்றன. வால்கள் சூரியனிருக்கும் திசைக்கு எதிர்ப்புறமாக இருக்கின்றன. ஆனால் நேர் எதிர்த்திசை என்று சொல்ல முடியாது. சற்று வளைந்தே காணப்படுகின்றன. வால்மீன் சூரியனை விட்டுத் தூரம் செல்லும்போது அதன் ஒளி குறைகிறது.

வால் நட்சத்திரங்களின் பருமன் பெரியதாக இருப்பினும் அவற்றின் திண்மை மிகக்குறைவு. வால்களின் வழியாக நட்சத்திரங்களை, அவைகளின் ஒளி சற்றேனும் குறையாமல் காணமுடிகிறது.

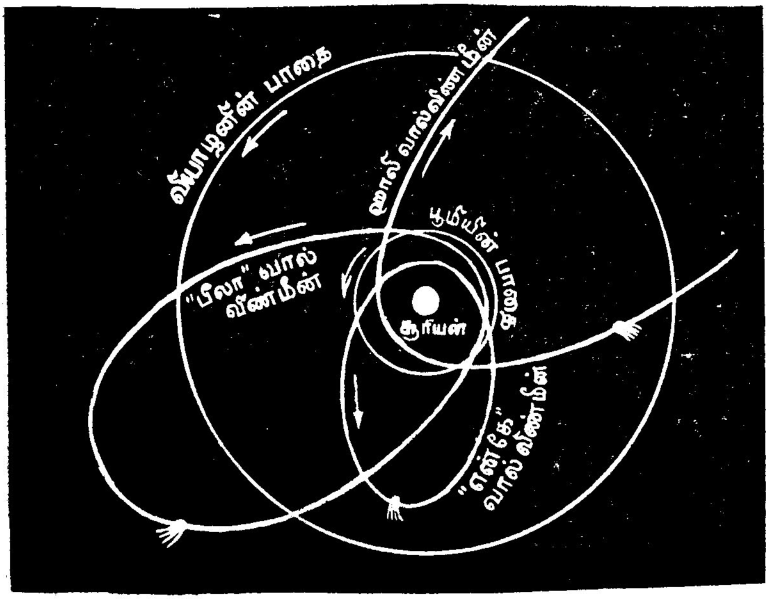
வால் நட்சத்திரங்களின் ஒளியை நிறமாலைமானி மூலம் சோதித்துப் பார்த்ததில், மூலகங்களுக்கு உண்டான ஒளிப்பட்டைகள் தோன்றுவதைக் கவனித்தார்கள். அணுக்களுக்கு உண்டான சிறப்புக் கோடுகள் காணவில்லை. இம் மூலகங்களைக் கொண்ட பலவித வாயுக்களே வால் நட்சத்திரங்களில் இருக்க வேண்டும் என்று தெரியவருகிறது. இவ் வாயுக்களின் அழுத்தம் மிகமிகக் குறைவாக இருக்கவேண்டும். வால் நட்சத்திரங்களில் உள்ள அழுத்தம் குறைந்த வாயுக்களின் மூலம் மின்சாரம் பாய்வதனுல், அவை பிரகாசமாகத் தோன்றுகின்றன. இப் பிரகாசத்தில் ஒரு பகுதி சூரியனது ஒளி பிரதிபலிக்கப்படுவதனாலும் உண்டாகலாம் என்று கூறுகிறுர்கள். வால் மீனின் தலையில் உடைந்த துகள்களும், வாயுப் பொருள்களும் உள்ளன. சூரியனுடைய ஒளியின் விசையால் நுண்ணிய வாயுப் பொருள்கள் நினைக்க முடியாத அளவுக்குத் தலையிலிருந்து வெளிப்பட்டு வெளியே தள்ளப்படுகின்றன. சூரியனின் ஈர்ப்பு சக்தியைவிட ஒளியின் தள்ளும் விசை துகள்கள் மேல் அதிகமாகத் தாக்குகிறது. ஆகவே அவை கருவினின்றும் விலகி வால்போல் நீண்டு சூரியனிருக்கும் திசைக்கு எதிராக வளருகின்றன.

வால் நட்சத்திரங்களில் மூலகங்களைக் கொண்ட பலவித வாயுக்களே இருப்பதனால், அவற்றின் அழுத்தம் அதாவது பொருட் செறிவு மிகமிகக் குறைவு. வால் நட்சத்திரம் ஒன்று நமது உலகின்மீது மோதினாலும் அதனுல் உலகுக்கு யாதொரு தீங்கும் நேராது. அது நம் உலகின்மீது மோதினதாகக் கூட நாம் உணரமாட்டோம் என்கிறுர்கள். 1910 ஆம் ஆண்டு காணப்பட்ட ஹாலி வால்மீன் வாலின் ஊடாக பூமி சென்றபோது அவ்வாறு சென்றதாக யாரும் உணரவில்லை.

வால் நட்சத்திரங்களில், அவற்றின் வாலின் நீளம் ஐம்பது லட்சம் மைல் முதற் கொண்டு 10 கோடி மைல் வரை இருக்கும் எனக் கூறுகிறுர்கள். ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட வால்களையுடைய வால்மீன்களும் காணப்பட்டுள்ளன.

வால் மீன்களில் பல ரகங்கள் உண்டு. பெரிய வால் நட்சத்திரங்கள் அரிதாகவே தென்படுகின்றன. அவை பரவளையப் பாதையில் சென்று சூரியமண்டலத்தில் ஒருமுறைதான் காட்சியளிக்கின்றன. இன்னும் சில மிகமிக நீண்ட நீள்வட்டப் பாதையில் இயங்குகின்றன. இவை சூரியனைச் சுற்றிவர 70, 80 ஆண்டுகள் ஆகின்றன. சுமார் $3\frac{1}{2}$ ஆண்டுகளில் சுற்றும் வால் மீனும் உண்டு. பல வெற்றுக் கண்ணுக்குத் தோன்றா. தொலை நோக்கி வழியாகத்தான் இவற்றைக் காணமுடியும்.

ஹாலி வால்மீன் (Halley's comet) : வால் நட்சத்திரங்களில் சரித்திரப் பிரசித்தி பெற்றது ' ஹாலி ' என்னும் கணித அறிஞரின் பெயரால் அழைக்கப்படுவதாகும். எட்மண்ட் ஹாலி (Edmund Halley 1656-1742) என்பவர் நியூட்டன் காலத்தவர். அவருடைய சிறந்த நண்பர். நியூட்டனின் ஆராய்ச்சிகளை உலகம் அறியுமாறு செய்தவர் ஹாலி என்றே கூறிவிடலாம். இவரும் ஒரு சிறந்த விஞ்ஞானி. 1682ஆம் ஆண்டில் ஒரு வால் நட்சத்திரம் தோன்றியது. இதைக் கவனித்து அதன் எதிர்கால நிலையை நியூட்டனின் கணித முறைகளை முதன் முறையாகக் கையாண்டு வால் நட்சத்திரத்தின் பாதையை நிச்சயித்ததுடன் அது 1758ஆம் ஆண்டு தோன்றுமெனவும், மீண்டும்மீண்டும் 75 ஆண்டுக்கொரு முறை தோன்றுமென்றும் கணக்கிட்டு உலகுக்கு அறிவித்தார்.



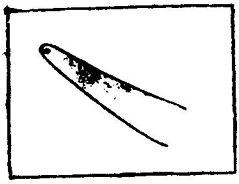
படம் 6-1

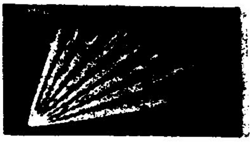
1758ஆம் ஆண்டு வால் மீனைக் காண எல்லோரும் ஆவலாக இருந்தனர். ஆண்டிறுதியில் டிசம்பர் 25ஆம் தேதி அது காணப்பட்டது. 1759ஆம் ஆண்டு மே மாதம் 5ஆம் தேதி 47° நீளமுள்ள வாலுடன் காட்சியளித்தது. எட்மண்ட் ஹாலியின் அறிவாற்றலைப் பாராட்டும் வண்ணம், இந்த வால் நட்சத்திரத்திற்கு ' ஹாலி வால் நட்சத்திரம் ' எனப் பெயர் வைக்கப்பட்டது. இது

1835ஆம் ஆண்டும், 1910ஆம் ஆண்டும் ஹாலி கூறியவாறு மீண்டும் தோன்றிற்று. இது மறுபடியும் 1985-86ல் நம் பூமியின் அருகே வரும். நீங்கள் அப்போது அதைக் காண்பீர்கள். அதன் வாலைப் பிடிக்க முயலாதீர்கள். அது லட்சக்கணக்கான மைல் நீளமுள்ளதாயினும், நமது கையில் பிடிபடாத அளவு மிகமிக மெல்லியது.

என்கே (Encke) வால் நட்சத்திரம்: இது 'என்கே' என்னும் ஜர்மானிய விஞ்ஞானியால், 1818ஆம் ஆண்டு கண்டுபிடிக்கப் பட்டது. இது $3\frac{1}{2}$ ஆண்டுக்கு ஒரு முறை தோன்றும் வால் நட்சத்திரம் ஆகும். இது சூரியனைச் சுற்றி ஒரு நீள்வட்டப் பாதையில் செல்கிறது. அதன் பாதையின் அண்மை நிலையில் (Perihelion) அது இருக்கும்போது புதக் கிரகத்தைவிட சூரியனுக்கு நெருக்க மாகக் காணப்படுகிறது. சேய்மை நிலையில் (Aphelion) அது சூரியனிலிருந்து ஏறக்குறைய வியாழக் கிரகத்தின் தூரமளவு விலகிக் காணப்படுகிறது. ஆகவே இதன் பாதை சூரிய மண்ட லத்திற்குள்ளேயே அமைந்துள்ளது. இதன் சுற்றுகாலம் ஒவ்வொரு முறையும் $2\frac{1}{2}$ மணியளவில் குறைந்து காணப்படுகிறது.

1908ஆம் ஆண்டு ஒரு வால் நட்சத்திரம் தென்கோளத்தில் காணப்பட்டது. அது மோர்ஹௌஸ் (Morehouse's) வால் நட்சத்திரம் எனப் பெயரிடப்பட்டது. அது 7 வால்களுடன் ஒரு விசிறிபோல் காட்சியளித்தது. இவ் வால் நட்சத்திரம் வெற்றுக் கண்ணுக்கே புலப்பட்டது.





படம் 6-2

1811-ல் தோன்றிய 'பெரிய வால் நட்சத்திரம்'

'மோர்ஹௌஸ் வால் நட்சத்திரம்'
1861-ல் தோன்றிய 'பெரிய வால் நட்சத்திரம்'

1948ஆம் ஆண்டு நவம்பர் 1ஆம் தேதி ஒரு பூர்ண சூரிய கிரகணம் ஏற்பட்டது. இது தென் கோளத்தில் மாத்திரம் தென்பட்டது. கிரகண தொடக்கத்தில் ஓர் எதிர்பாராத வால் நட்சத்திரம் தென்பட்டது. ஒரு வாரத்திற்குப் பின்னர் அது வைகறை

மெல்லொளியில் (morning twilight) காணப்பட்டது. அதை வெற்றுக் கண்ணாலேயே ஒரு மாதம் வரை காணமுடிந்தது. இது 1948ஆம் ஆண்டு கிரகண வால் நட்சத்திரம் என அழைக்கப் பட்டது.

அரெண்ட், ரோலண்ட் (Arend and Roland) வால் நட்சத்திரம்: 1957ஆம் ஆண்டு ஏப்ரல் மாதம் ஸ்வீடனைச் சேர்ந்த அரெண்ட், ரோலண்ட் (Arend, Roland) என்னும் இரு வான ஆராய்ச்சியா ளர்கள் ஒரு புதிய வால் நட்சத்திரத்தைக் கண்ணுற்று உலகிற்கு அறிவித்தனர். அது மிகப்பிரகாசத்துடன் காணப்பட்டது. அது சில நாட்கள் வரை வெற்றுக் கண்ணுக்கே தோன்றியது.

இகேயா, செகி (Ikeya-Seki) வால் நட்சத்திரம்: சமீப காலத்தில் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட வால் நட்சத்திரங்களில் மிகவும் பிரகாசம் பொருந்திய வால் நட்சத்திரம் எனக் குறிப்பிடும் பெருமை பெற்றது இகேயா, செகி வால் நட்சத்திரமாகும். இது இகேயா, செகி எனும் இரு ஜப்பானிய வான ஆராய்ச்சியா ளர்களால் 1965ஆம் ஆண்டு செப்டம்பர் மாதம் 18ஆம் தேதி கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. அவர்கள் பெயரே அதற்குச் சூட்டப் பட்டது. அது 'அஸ்த' மீன் மண்டலத்தில் (Constellation ot Corvus) இந்தியாவில் காணப்பட்டது. அதன் வால் பிரம்மாண்ட மான நீளத்துடன் காணப்பட்டது. அது பல வாரங்கள் வெற்றுக் கண்ணுக்குத் தென்பட்டது,

பென்னட் வால் மீன்: இந்த வால் நட்சத்திரம் 1969ஆம் ஆண்டு டிசம்பர் மாதம் J. C. பென்னட் என்ற வான ஆராய்ச்சி யாளரால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இவர் தென் ஆப்பிரிக்காவைச் சேர்ந்தவர். இது பூமியின் தென்பாகத்தில்தான் 1969 டிசம்பர் முதல் 1970 மார்ச் வரை காட்சியளித்தது. அதன்பின் 1970 மார்ச் பிற்பகுதியில் அது பூமியின் வடபாகத்தில் காட்சியளித்தது. அதன் பாதை ஒரு பரவளையம். இது மறுபடியும் திரும்பி வரா தெனக் கூறலாம்.

வால் நட்சத்திரங்களில் 50-க்கும் மேற்பட்டவைகளின் சுற்றுகாலம் 100 ஆண்டுகளுக்கு மேலாகும். 1862ஆம் ஆண்டு தோன்றிய டட்டில்ஸ் (Tuttle's) வால் நட்சத்திரத்தின் கால வட்டம் 120 ஆண்டுகள் ஆகும். 1811ஆம் ஆண்டு தோன்றிய மற்றொரு வால் நட்சத்திரத்தின் சுற்றுகாலம் 3000 ஆண்டு களுக்கு மேலாகும். 1907 ஆம் ஆண்டு தோன்றிய டாமெல் (Damel) வால் நட்சத்திரத்தின் சுற்றுகாலம் 8740 ஆண்டுகள். 1864 ஆம் ஆண்டு தோன்றிய வால் நட்சத்திரத்தின் காலம் 20 லட்சம் ஆண்டுகள் ஆகும்.

காலாந்திர (Periodic) வால் நட்சத்திரங்களை விட கால வரையில்லா (Non-periodic) வால் நட்சத்திரங்களே அதிக எண்ணிக்கையில் உள்ளன. இவை ஞாயிற்று மண்டலத்தில் ஒரு முறைதான் காட்சியளிக்கின்றன. 1843ஆம் ஆண்டு தோன்றிய பெரிய வால் நட்சத்திரம், 1858ஆம் ஆண்டு தோன்றிய டோனாடி (Donati's) வால் நட்சத்திரம், 1881ஆம் ஆண்டு தோன்றிய வால் நட்சத்திரம் ஆகியவை இவ்வகையைச் சேர்ந்தவையாகும்.

கோள்களுக்கும் வால் நட்சத்திரங்களுக்கும் உள்ள ஒற்றுமை வேற்றுமைகள்

கோள்கள்	வால் நட்சத்திரங்கள்
1. கோள்கள் எண்ணுக்கு அடங்கியவை.	1. எண்ணுக்கு அடங்காதவை.
2. எல்லாக் கோள்களின் பாதைகளும் நீள் வட்ட வடிவம் கொண்டவை.	2. நீள் வட்டப் பாதையே யன்றி, பரவளையப் பாதைகளிலும், அதிபரவளையப் பாதைகளிலும் இயங்கும் வால் நட்சத்திரங்கள் உண்டு.
3. எல்லாம் ஒரே திசையில் மேற்கிலிருந்து கிழக்காக இயங்குகின்றன.	3. இருதிசைகளிலும் இயங்கலாம்.
4. காலவட்டப்படி சுற்று காலம் அமைகிறது.	4. சில கால வட்டமுடையவை; சிலவற்றிற்குக் கால வட்டமே கணக்கிட முடியாது.
5. குறிப்பிட்ட பாதையில் இயங்குகின்றன.	5. குறிப்பிட்ட பாதை என்று சொல்வதற்கில்லை.
6. பாதைகள் யாவும் ஒரே தளத்தில் உள்ளன.	6. பாதைகள் ஒரே தளத்தில் இருப்பதாகத் தெரியவில்லை.

	கோள்கள்		வால் நட்சத்திரங்கள்
7.	ஏறக்குறைய கோள வடிவமுடையவை.	7.	சூரியனுக்குத் தொலைவில் இருக்கும்போது கோள வடிவமாக இருக்கிறது. சூரியனுக்கு சமீபத்தில் வரும்போது தலை, கரு, நீண்ட வால் கொண்ட உருவம் பெற்றுத் தோற்றமளிக்கிறது.
8.	கோள்கள் அடர்த்தி உள்ளவை. அவற்றின் நிறை மிகப் பெரியது.	8.	மிக இலேசானவை; அளவில் பெரிதாகக் காணப்பட்டாலும், மிகக் குறைந்த நிறையே கொண்டவை.
9.	கோள்களுக்கு எந்த வித ஒட்டுப் பொருளும் (appendage) கிடையாது (சனிக்கிரகத்திற்கு மட்டும் வளையங்கள் உண்டு).	9.	வால் நட்சத்திரங்களுக்கு நீண்ட வால் ஒரு சிறப்பு அம்சமாகும். இவை எப்போதும் சூரியனுக்கு எதிர்த்திசையை நோக்கி இருக்கும்
10.	கோள்களுக்கு அவற்றைச் சுற்றி வரும் சந்திரன்கள் அல்லது துணைக் கோள்கள் உண்டு.	10.	வால் நட்சத்திரங்களுக்கு சந்திரன் கிடையாது.
11.	கோள்கள் சூரிய குடும்பத்தைச் சேர்ந்தவை.	11.	சூரிய மண்டலத்திற்கு எப்பொழுதோ வருபவை சில கோள்களின் ஈர்ப்பு சக்தி காரணமாக; அவற்றின் குடும்பத்தைச் சார்ந்தவையாகின்றன.
12.	உட்கோள்களுக்குச் சந்திரனைப் போல் பிறைகள் உண்டு ; புறக்கோள்கள் எப்போதும் அரைப் பிறைக்கு மேலாகவே காட்சியளிக்கும்.	12.	பிறைகள் கிடையாது. ஆனால் சூரியனை அணுகும்போது அவற்றின் வால்களின் பிரகாசத்தில் பெருத்த மாறுதல்கள் தோன்றுகின்றன.

எரிமீன்கள் (Meteors or Shooting stars)

நாள்தோறும் கோடிக்கணக்கான எரிகற்கள் நம் காற்று மண்டலத்திற்குள்ளே நுழைந்துவிடுகின்றன. நிலா இல்லாத இரவுகளில் வானத்தினூடே விண்மீன் விழுவது போன்ற ஒளியைப் பார்த்திருக்கிறோம். இவ்வாறு விழுவன விண்மீன்கள் அல்ல. வானவெளியிலே சூரியனைச் சுற்றி எண்ணிறந்த சிறிய பொருள்கள் ஓடி வருகின்றன. இவை நொடிக்கு 50 மைலுக்கு மேல் வேகமாக, பூமி சுற்றும் திசைக்கு எதிராகக் காற்று மண்டலத்தில் புகும்போது ஏற்படும் உராய்வினால் எளிதில் சூடேறி எரிந்துவிடுகின்றன. இவ்வாறு அவை எரிந்துகொண்டிருக்கும் போதே அவற்றை நாம் பார்க்க முடிகிறது. நில மட்டத்திலிருந்து எண்பது மைல் உயரத்திலும் அதற்கு மேலுள்ள பவனப் பகுதியிலுமே எரிந்துவிடுகின்றன. இவ்வாறு எரிந்து ஒளி வீசி ஓடும்போது இவற்றை எரி நட்சத்திரங்கள் அல்லது எரிமீன்கள் என்கிறோம்.

மற்ற இரவுகளில் சிற்சில எரிமீன்கள் காணப்படினும், வருடத்தில் நான்கு காலங்களில் அவை மிகுந்து காணப்படுகின்றன. அவையாவன: ஏப்ரல் 20, 21ஆம் தேதிகள். ஆகஸ்ட். மாதம் 9ஆம் தேதி முதற்கொண்டு 11ஆம் தேதி வரை, நவம்பர் மாதம் 12–14 தேதி, நவம்பர் மாதம் 27–29 தேதி.

எரிமீன் வீச்சுமுகம் (Radiant point)

எரிமீன்கள் வெகுதூரத்திலிருந்து இணை கோடுகளிலே வருகின்றன. ஆகவே இவை ஒரு புள்ளி வழி வருவதுபோல் தோன்றும். இப் புள்ளிக்கு எரிமீன் வீச்சுமுகம் (Radiant point) எனப் பெயர். இவ்வாறு வீச்சுமுகம் கொண்ட நான்கு வகை எரிமீன் கூட்டங்கள் உள்ளன.

(1) லிரிட்கள்: லீரா (Lyra) என்ற விண்மீன் மண்டலத்தில் வீச்சுமுகம் கொண்ட ஓர் எரிமீன் கூட்டம் ஏப்ரல் 20, 21 தேதிகளில் காணப்படுகிறது. இது ஓர் எழில் மிகு தோற்றமாகக் காட்சியளிக்கும்.

(2) பெர்செயிட்கள் (Perseids): ஏதோ ஒரு காலத்தில் தோன்றிய 'டட்டில்' என்ற வால் நட்சத்திரம் (Tuttle's Comet) சிதைந்துபோயிருக்கவேண்டும். அந்தச் சிதைந்த பகுதிகள் இன்னும் அப்பாதையில் சுழன்றுகொண்டேயிருக்கின்றன. ஒவ்வோர் ஆண்டும், ஆகஸ்ட் மாதம் 9–11 தேதிகளில் பூமியின் பாதை அந்த 'டட்டில்' விண்மீன் பாதையைக் குறுக்கிட்டுச் செல்கிறது. அப்பொழுது அந்தச் சிதைந்த பகுதிகள் பூமியின் வாயு மண்டலத்தில் உராய்ந்து எரிமீன் மழையாகப் பொழிகிறது.

இம்மாதிரி சுமார் ஒரு மாத காலம் தோன்றினும், ஆகஸ்ட் 9-11 தேதிகளில் இக்காட்சி பார்ப்பதற்கு எழில் மிகுந்திருக்கும். இவ் வெரிமீன் கூட்ட வீச்சுமுகம் பெர்ஸியஸ் விண்மீன் மண்டலத்தில் (Constellation of Perseus) இருப்பதாகத் தெரிவதால் இது 'பெர்சியட்'கள் எனப்படும்.

லியோனிட்கள் (சிங்கமுக எரிமீன்கள்) : நவம்பர் 14ஆம் தேதி வாக்கில் காணப்படும் எரிமீன்கள் வானவெளியில் சூரியனைச் சுற்றி ஓடிவரும் எண்ணிறந்த சிறிய பொருள்களின் சில பகுதிகளே எனக் கருதப்படுகின்றன. இவைகளின் பாதைகள் 'டெம்பல்' வால் நட்சத்திரத்தின் (Temple's comet) பாதையை முழுதும் ஒத்திருக்கின்றது. சிதைந்த அந்தப் பகுதிகள் இன்னும் அதன் பாதையில் சுழன்றுகொண்டிருக்கின்றன. இப் பாதை பூமியின் பாதையை வெட்டும் புள்ளியை பூமி நவம்பர் 14ஆம் தேதி அடைகிறது. இந்த நீள்வட்டப் பகுதியில் எண்ணிறந்த சிறிய பொருள்கள் திரள் வழியே பூமி செல்லும்போது காணற்கரிய எரிமீன் வீழ்ச்சிகள் ஏற்படுகின்றன. ஆனால், $33\frac{1}{4}$ ஆண்டுகளுக்கு ஒருமுறை, டெம்பல் வால்மீன் சிதைந்த பகுதியின் நடுவிலேயே பூமியின் பாதை அமைவதால், அந்தக் கால வட்டத்தில் நவம்பர் 14ஆம் தேதி வாக்கில், அந்த எரிமீன் மழை வெகு ஒளி மிகுந்து பொழிவதைக் காணலாம். நவம்பர் நடுமாதத்தில் (12ஆம் தேதி — 14ஆம் தேதி) விண்மீனிடையே சிங்க ராசியிலிருந்து (Leo) எரிமீன்கள் விழுவதுபோன்று காணப்படுவதால், இவை 'சிங்கமுக எரிமீன்கள்' (Leonids) எனப் பெயர் பெறுகின்றன.

(4) **பைலிட்கள் (Bielids) அல்லது அண்ட்ரேமீட்ஸ்** : இந்த எரிமீன்களின் வீழ்ச்சி நவம்பர் 27—29 தேதிகளில் நிகழ்கிறது. $6\frac{3}{4}$ ஆண்டுக் கால வட்டத்தில், இக் காட்சி மிக எழிலோடு தோற்றமளிக்கிறது. இதன் வீச்சுமுகம் அண்ட்ரமீடா விண்மீன் மண்டலத்தில் (Constellation of Andromeda) இருக்கிறது. ஆகையால் இவை 'அண்ட்ரமீட்ஸ்' (Andromedes) எனப்படும். 'பைலா' என்ற வால் மீனின் சிதைந்த பகுதிகள் இவ் விண்கல் மழைக்குக் காரணம் எனக் கருதப்படுகிறது.

பைலா வால்மீன் (Biela's Comet) 1820ஆம் ஆண்டு முதலில் காணப்பட்டது. அதன் சுற்றுகாலம் $6\frac{3}{4}$ ஆண்டுகள். கணக்கிட்டபடி 1846ஆம் ஆண்டு ஜனவரி மாதம் காணப்பட்டபோது அது இரண்டாகப் பிளந்து சூரியனைச் சுற்றுவது தெரியவந்தது. அப் பிளவுக்கிடையே 160 மைல் இடைவெளியிருந்தது. அது அருமையான காட்சியாக இருந்தது. 7 ஆண்டுகள் சென்று 1852-ல் மறுபடியும் பிளந்தவாறே தோன்றிற்று. ஆனால் இப்பொழுது பிளவுக்கிடையேயுள்ள தூரம் 15 லட்சம் மைல்களாக அதிகரித்

திருந்தது. 1859ஆம் ஆண்டு அதை மீண்டும் எதிர்பார்த்தார்கள். ஆனால் அது தோன்றவில்லை. அது முற்றிலும் சிதைந்து சிறு துகள்களாக மாறியிருக்கவேண்டும். பைலா வால் மீனின் பாதை பூமியின் பாதையை வெட்டும் புள்ளியை பூமி நவம்பர் 27ஆம் தேதி அடைகிறது என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. பைலா வால்மீன் மறைந்ததன் காரணமாகச் சிதைந்த அதன் துகள்கள் அதன் பாதையில் உலவுகின்றன. அவற்றிற்கிடையே பூமி வரும்போது (நவம்பர் 27) அத் துகள்கள் காற்றுடன் உராய்ந்து அக்கினி மழை போன்று எண்ணற்ற எரிமீன்கள் காணப்படுகின்றன. ஆகவே இவை 'பைலிட்கள்' என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.

விஞ்ஞானத்தின் புதிய கருவியான ரேடார் கருவியால் கண்ணால் காணமுடியாத எரிமீன்களைப் பற்றிய தகவல் தெரிய வருகிறது. தினந்தோறும் கோடிக்கணக்கில் எரிமீன்கள் விழுகிற தெனவும், பகலில் அவை அதிகம் எனவும், கண்ணுக்குத் தோற்றுவது மிகச் சிலவே எனவும் தெரிகிறது. இத்தனைக் கோடி எரிமீன்களிலிருந்தும் நம்மைக் காப்பது நமது பூமியின் வாயு மண்டலமாகும்.

எரிகற்கள்

எப்பொழுதாவது மிகப்பெரிய விண்வீழ்கொள்ளி வாயு மண்டலத்தின் ஊடாகப் பாயும்போது அது முழுவதும் ஆவியாக மாறாமல் அதன் திடப்பகுதி பூமியில் விழலாம். இவை எரிகற்கள் அல்லது விண்கற்கள் எனப்படும். சில சமயம் பல டன் எடையுள்ள விண்கற்களும் பூமியில் விழுந்திருக்கின்றன. இவை விழும்போது இடியோசை போன்ற சத்தத்துடனும், ஒளியுடனும் விழும். இத்தகைய விண்கற்களால் நீர்நிலைகளும் ஏற்பட்டுள்ளன.

இக்கற்களைச் சோதித்துப் பார்த்ததில் அவை பெரும்பாலும் இரும்பையும், நிக்கலையும் கொண்டிருப்பதைக் கவனித்தார்கள். நிக்கல், வைரம் இவை கலந்த கற்களும் கண்டெடுக்கப்பட்டுள்ளன. பூமியில் காணாத உலோகம் ஒன்றும் காணப்படவில்லை.

பூமியின் பல்வேறு பாகங்களில் விழுந்த கற்களில் சுமார் ஆயிரத்து ஐந்நூறு கற்களுக்கு மேல் சேகரித்து வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவற்றில் சில கூர் உருளை வடிவங் கொண்டிருக்கின்றன. இவற்றில் சில பூமியின் அடியில் ஆறு மீட்டர் ஆழம் வரையிலிருந்து தோண்டி எடுக்கப்பட்டனவாம்.

ஒரு பெரிய எரிமீன் அமெரிக்காவில் உள்ள அரிஜோனா (Arizona) மாகாணத்தில் ஒரு பெரிய பள்ளத்தாக்கையே ஏற்படுத்தியதாகத் தெரிகிறது. ஆனால் இப்படிப்பட்ட தாக்குதல்கள் மிகமிகக் குறைவு.

7. நட்சத்திரங்கள், நட்சத்திர மண்டலங்கள், அண்டங்கள்

1. அவை என்ன ?

வானவெளியிலே தங்கள் சுய ஒளியால் பிரகாசிக்கும் பொருள்களுக்கு நட்சத்திரங்கள் அல்லது விண்மீன்கள் என்று பெயர். அவை மினுமினுக்கின்றன. உண்மையில் மிகமிக வெப்பம் உள்ள வாயுக்களால் அமைந்த கோளங்களே அவை.

சூரிய ஒளியில், அவை பகற்பொழுதில் தென்படுவதில்லை. வானத்தில் தோன்றும் கோடிக்கணக்கான நட்சத்திரங்களில் நமது சூரியனும் ஒன்று என்ற விஷயத்தை முதல் முதலில் எடுத்துச் சொன்னவர் வில்லியம் ஹெர்ஷல் என்ற விஞ்ஞானி. சூரியன் மற்ற நட்சத்திரங்களைவிட நமக்குச் சமீபத்தில் இருப்பதால் பெரியதாகவும் மிகப் பிரகாசமாகவும் தென்படுகிறது. ஆனால் சூரியனை, புளூட்டோ என்னும் கிரகத்தின் தொலைவில் இருந்து கண்ணுற்றால், அதுவும் மற்ற நட்சத்திரங்கள் போல் நமக்குக் காட்சி தரும்.

நட்சத்திரங்களைப் பற்றிய ஆராய்ச்சிகளை முதன்முதலில் தொடங்கியவர் வில்லியம் ஹெர்ஷல் என்ற விஞ்ஞானி. இவர் செய்த வேலையை இவருக்குப் பின்னர் இவரது மகன் ஜான் ஹெர்ஷல் தொடர்ந்து நடத்தி, வானத்தின் தென்பகுதியில் தோன்றும் நட்சத்திரங்களைப் பற்றி அனேக விவரங்களைச் சேகரித்தார். இவர்கள் தொடங்கிய ஆராய்ச்சிகளை மற்ற விஞ்ஞானிகள் சிறந்த தொலைநோக்கிகளைக் கொண்டு மேற் கொண்டு நடத்தி நட்சத்திரங்களைப் பற்றி அநேக விவரங்களை அறிந்தார்கள்.

2. மொத்தம் எத்தனை

இரவில் மேகம் இல்லாமல் தெளிவாக இருந்தால், நல்ல 'கண் பார்வை உள்ளவர்களால் சுமார் 5,000 நட்சத்திரங்களைக் காண முடியும். சக்திமிகுந்த தொலைநோக்கியின் வழியாகப் பார்த்தால், லட்சக்கணக்கான நட்சத்திரங்களைப் பார்க்கமுடியும். தொலைநோக்கியுடன் ஒரு படம் பிடிக்கும் காமிராவை இணைத்தால் வெறும் கண்ணால் நம்மால் ஒரு நாளும் காணமுடியாத திரள் திரளான நட்சத்திரங்களைப் படம் பிடிக்க முடியும். ரேடியோ தொலைநோக்கிகளை உபயோகித்தால் எந்தக் காமிராவாலும் படம் பிடிக்க முடியாத எத்தனையோ நட்சத்திரங்களைக் கண்டுபிடிக்க முடியும். இவ்வகைகளில் பல மில்லியன் நட்சத்திரங்களைக் காணக்கூடும். அமெரிக்காவில் பேலோமர் குன்றின் (Mount Palomar) மீது அமைக்கப்பட்டிருக்கும் 200" ஆடி தொலைநோக்கியின் மூலம் 2000 மில்லியன் நட்சத்திரங்கள் தெரியவருகின்றன.

3. அவை நம்மிடமிருந்து எவ்வளவு தூரம்?

நட்சத்திரங்கள் எல்லாம் ஒரே மாதிரியாகத் தோன்றிய போதிலும், அவை பல்வேறு நிறைகளும் பரிமாணங்களும் கொண்டிருப்பதைக் கவனித்தார்கள். ஸ்ட்ருவ் (Struve), பெஸ்ஸல் (Bessel) என்ற விஞ்ஞானிகள் நட்சத்திரங்கள் ஒவ்வொன்றும் பூமியிலிருந்து எவ்வளவு தூரத்தில் இருக்கின்றன என்பதை மதிப்பிட்டார்கள். நட்சத்திரங்கள் பல்வேறு பிரகாசங்களுடன் தோன்றுவதற்கு அவை பூமியினின்று வெவ்வேறு தூரங்களில் இருப்பதே காரணம் ஆகும் என்று முதலில் எடுத்துக் காட்டியவர்கள் இவர்களே ஆவர்.

4. வான இயல் அலகு (Astronomical unit)

பூமிக்கும் சூரியனுக்கும் இடையேயுள்ள தூரம் ஒன்பது கோடியே முப்பது லட்சம் மைல் என்று கணக்கிடப்பட்டிருக்கிறது. இதை ஓர் அலகாகக் கொண்டு வானத்தில் உள்ள பொருள்களின் தூரங்களை அளப்பது உண்டு. இந்த அலகை வான இயல் அலகு (Astronomical unit) என்பார்கள். சூரியனிலிருந்து குரு, நாற்பது கோடியே முப்பத்து மூன்று லட்சம் மைல் தூரத்தில் இருக்கிறது என்று கூறுவதற்குப் பதிலாகச் சூரியனிலிருந்து ஐந்தேகால் வானவியல் அலகு தூரத்தில் இருப்பதாகக் கூறப்

படும். மற்றக் கிரகங்கள் சூரியனிலிருந்து இருக்கும் தூரங்களையும் இவ்வலகை ஆதாரமாகக் கொண்டு குறிப்பிடுவது வழக்கம். சூரியனிலிருந்து கிரகங்கள் இருக்கும் தூரத்தை அளப்பதற்கு இது நன்கு பயன்பட்ட போதிலும் நட்சத்திரங்கள் இருக்கும் தூரங்களை அளப்பதற்கு இவ்வலகு மிகச் சிறியதாக இருப்பதை உணர்ந்தார்கள்.

5. ஒளி வருஷம் (Light year)

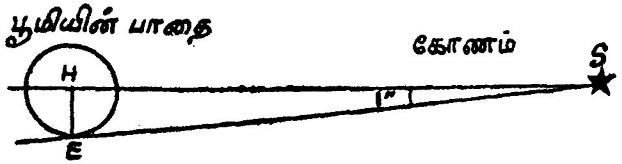
ஒளி ஒரு விநாடியில் 1,86,000 மைல் பரவிச் செல்கிறது. இந்த வேகத்துடன் ஒளி, ஒரு வருஷத்தில் செல்லும் தூரம் $1,86,000 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365$ மைல்கள் ஆகும். இத்தூரம் ஓர் ஒளிவருஷம் எனக் கொள்ளப்படும். இது ஏறக்குறைய 588×10^{10} மைல்கள் அல்லது 9461×10^{9} கி.மீ. ஆகும். இது ஓர் அலகாகக் கொள்ளப்படுகிறது.

ஒளியாண்டு வரையறை: ஒளியாண்டு என்பது ஒளிக்கதிர் ஓர் ஆண்டில் ஒரு வினாடிக்கு 1,86,000 மைல் வேகத்தில் செல்லும் தூரம் ஆகும்.

நட்சத்திரங்கள் பெரும்பாலும் ஆயிரக்கணக்கான ஒளி வருஷ தூரத்தில் இருக்கின்றன. இத்தூரங்களை வான இயல் அலகில் எடுத்துச் சொல்வது என்பது லண்டனுக்கும் சென்னைக்கும் இடையே உள்ள தூரத்தை அங்குலத்தில் சொல்வது போலாகும். ஆகவே நட்சத்திரங்களின் தூரங்களை அளக்க ஒளியாண்டு அலகு பயன்படுத்தப்படுகிறது.

6. பார்செக் (Parsec)

நட்சத்திரங்களின் தூரத்தை அளக்கப் பயன்படும் மற்றோர் அலகு 'பார்செக்' (Parsec) எனப்படும் அளவு ஆகும். படத்தில்



படம் 7-1

உள்ள வட்டம் சூரியனைச் சுற்றி பூமியின் சுற்றுப் பாதை எனக் கொள்வோம். *H* என்பது சூரியன்; *E* என்பது பூமி; *S* என்பது

தூரத்தில் உள்ள ஒரு நட்சத்திரம். பூமியினது சுற்றுப்பாதையின் ஆரமாகிய HEயின் இரு முனைகளும் நட்சத்திரம் S உடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. பெரும்பாலும் நட்சத்திரங்கள் எல்லாம் வெகு தூரத்தில் இருப்பதனால் $\angle HSE$ என்னும் கோணத்தின் மதிப்பு விநாடிகளிலேயே அமையும்.

$\angle HSE$ = ஒரு விநாடி மதிப்புக் கோணம் அமைந்த நட்சத்திரம் இருக்கும் தூரத்தை ஒரு 'பார்செக்' என்று கூறுவார்கள்.

1 பார்செக் = 3.26 ஒளியாண்டுகள் ஆகும்
= 206265 வானவியல் அலகுகள்

7. விண்மீன்களின் ஒளித்தரம்

கி.மு. இரண்டாம் நூற்றாண்டில் வாழ்ந்த ஹிப்பார்க்கஸ் (Hipparchus) என்பவர் விண்மீன்களை ஒழுங்காக ஆராய முற்பட்டார். அவர் 49 விண்மீன் கூட்டங்களின் பட்டியலை ஆயிரத்திற்கு மேற்பட்ட நட்சத்திரங்களின் நிலைகளுடன் தயாரித்தார். அவர் விண்மீன்களைத் தோற்ற ஒளித்தரம் வகையில் ஆறு பிரிவுகளாகப் பிரித்தார். முதல் ஒளித்தரமுள்ள நட்சத்திரம் இரண்டாம்தர நட்சத்திரத்தைப்போல் 2½ மடங்கு பிரகாசமுடையது. இவ்வாறு படிப்படியாகச் சென்றால் முதல்தர நட்சத்திரம் ஆறாம் தர நட்சத்திரத்தைப்போல் 100 மடங்கு பிரகாசத்துடன் விளங்குகிறது. 19ஆம் நூற்றாண்டில் வாழ்ந்த பாக்சன் (Pogson) எனும் அறிஞர் ஒளித்தரத்திற்குத் திட்டமான விளக்கம் தந்து, ஒவ்வொரு நட்சத்திரத்திற்கும் தோற்ற ஒளித்தர எண் (apparent magnitude) ஒன்று வரும் மேற்கூறிய முறையை வகுத்தார். இதன்படி வெற்றுக்கண்ணால் பார்க்கக்கூடிய மிகவும் மங்கலான ஒளியுடன் காணப்படும் நட்சத்திரங்கள் ஆறாம்தர நட்சத்திரங்களாகும். ஐந்தாம் தர நட்சத்திரம் இதைப்போல் 2½ மடங்கு பிரகாசமுடையது. நான்காம் தர நட்சத்திரம் ஆறாம் தர நட்சத்திரத்தைப் போல் $(2\frac{1}{2})^2$ மடங்கு பிரகாசமுடையது. இவ்வாறாகக் கணக்கிட்டுக்கொண்டு சென்றால், முதல்தர விண்மீன் ஆறாம்தர விண்மீனைப் போல் $(2\frac{1}{2})^5$ மடங்கு பிரகாசமாகும் (அதாவது) 100 மடங்கு பிரகாசமுள்ளதாகக் காணப்படும்.

முதல் தர விண்மீனைவிட அதிகப் பிரகாசமுள்ள நட்சத்திரங்களின் ஒளித்தர எண் எதிரெண்ணாகும் (negative numbers).

'சீரியஸ்' என்னும் நட்சத்திரத்தின் ஒளித்தர எண்—1·57; முழு மதியின் ஒளித்தர எண்—12·5; சூரியனது ஒளித்தர எண்— 26·7· உரோகிணி (Aldebaran) என்ற நட்சத்திரத்தின் ஒளித்தர எண் 1·06 ஆகும்.

8· விண்மீன்களின் சுய ஒளித்தரம் (Absolute magnitude)

ஒரு சில நட்சத்திரங்கள் வெகு தொலைவில் இருப்பதால் மங்கலாகக் காணப்படலாம். ஆதலால், அருகில் அதைவிடப் பிரகாசமாகக் காணும் நட்சத்திரத்தினது பிரகாசம் அதற்கு இல்லை என முடிவு கட்டமுடியாது. ஒரு நட்சத்திரத்தின் பிரகாசம் அது இருக்கும் தூரத்தைப் பொருத்தது.

விண்மீன்களை எல்லாம் ஒரு குறிப்பிட்ட தூரத்தில் வைத்துப் பார்த்தால், அவற்றின் சுய ஒளித்தரத்தின் வேறுபாடுகள் விளங்கும். இந்த நியம தூரம் 10 பார்செக் அல்லது 32 6 ஒளியாண்டு எனக் கொள்ளப்படுகிறது. எனவே விண்மீன்களை 32·6 ஒளியாண்டு தூரத்தில் வைத்துப் பார்த்தால் காணப்படும் தோற்ற ஒளித்தரம் அவைகளின் சுய ஒளித்தரம் (absolute magnitude) ஆகும்.

சூரியனது சுய ஒளித்தரத்தை மற்ற ஒளி மிகுந்த நட்சத்திரங்களின் சுய ஒளித்தரத்துடன் ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால் கீழ் வரும் பட்டியல் கிடைக்கும்.

சீரியஸ்	சூரியனைப்போல்	27	மடங்கு பிரகாசமுடையது.
புனர்பூசம் (Pollux)	,,	29	,,
பூசம் (Castor)	,,	37	,,
உரோகிணி (Aldebaran)	,,	90	,,
சுவாதி (Arcturas)	,,	150	,,
திருவாதிரை (Betelgeuse)	,,	1200	,,
அகஸ்தியன் (Canopus)	,,	2200	,,
ஓரியனிலுள்ள ரீகல்	,,	18000	,,

ஒளி சம்பந்தமாகப் பார்க்கையில், சிறிய மெக்லானிக் முகிலில் உள்ள டொராடஸ் (S. Doradus) என்னும் நட்சத்திரமே நட்சத்திரங்களில் எல்லாம் இராட்சச ஒளி பொருந்தியது எனலாம். அது நமது சூரியனைப் போல் 350000 மடங்கு ஒளி பொருந்தியது எனக் கணக்கிடப்பட்டிருக்கிறது.

9. நட்சத்திரங்களின் பாகுபாடு

நமக்கு மிகவும் அருகில் உள்ள விண்மீன் நமது சூரியன். இதற்கு அருகில் உள்ள விண்மீன் 'பிராச்சிமா சென்டாரி' எனும் விண்மீன். அது 3 ஒளியாண்டுக்குச் சற்று அதிகமான தூரத்தில் உள்ளது. நமது சூரியனைப் போன்று தனியாக உள்ள நட்சத்திரங்கள் பல உள்ளன. நட்சத்திரங்களைப் பின் வரும் முறைகளில் பாகுபாடு செய்துள்ளனர்.

பேயர் முறை: 1603ஆம் ஆண்டு பேயர் எனும் வான ஆராய்ச்சி யாளர் விண்மீன்களை அவையிருக்கும் மண்டலத்தின் பெயரால் குறித்து ஒளித்தர வரிசையில் α, β எனப் பெயரிட்டார். உதாரண மாகக் காளை (ரிடபம்-Taurus) ராசியில் உள்ள ஒளிமிக்க உரோகிணி (Aldebaran) என்னும் நட்சத்திரத்தை α Tauri எனவும் அதற்கு அடுத்த ஒளிமிக்க நட்சத்திரத்தை β Tauri எனவும் முறையாகப் பெயர் கொடுத்தார். இவ்வாறுகக் கண்ணுக்குப் புலப்படும் எல்லா நட்சத்திரங்களுக்கும் பெயரிடப் பட்டுள்ளன.

நசட்த்திரப் படப்புத்தக முறை: லாலாண்டே(Lalande) என்னும் பிரஞ்சு நாட்டு வான ஆராய்ச்சியாளர் நட்சத்திரப் பட அட்டவணை ஒன்று இயற்றியுள்ளார். அந்தப் பட்டியலில் எல்லா நட்சத்திரங்களும் இடம்பெற்றுள்ளன 'லாலாண்டே 2500' எனின் அவர் வகுத்த பட்டியலில் 2500 என்னும் எண் கொண்ட நட்சத்திரம் எனத் தெரிந்துகொள்ளவேண்டும்.

10. நட்சத்திர இயக்கம்

ஒவ்வோர் இரவிலும் நட்சத்திரங்கள் உதிக்கின்றன. அவை வான வெளியில் அஸ்தமிக்கின்றன. அவை வான வெளியைக் கடந்து செல்வது போலத் தோன்றுகின்றன. உண்மையில் அவை அவ்வாறு இயங்குவதில்லை. ஒவ்வொரு நாளும் பூமி தன்னுடைய அச்சில் ஒரு முறை மேற்கிலிருந்து கிழக்காகச் சுழலுகிறது. ஆதலால் நட்சத்திரங்கள் கிழக்கில் உதித்து மேற்கில் மறைவது போல நமக்குத் தோன்றுகின்றன.

இன்று இரவில் 9 மணிக்கு அடிவானத்திலிருந்து உதயமாகிக் கொண்டிருக்கும் ஒரு நட்சத்திரத்தைக் கவனிப்போம். மூன்று மாதங்களுக்குப் பிறகு இரவில் 9 மணிக்கு அதைக் கவனித்தால். அது தலைக்கு மேலே உச்சி வானத்தில் இருக்கும். ஆதலால்

மூன்று மாதத்தில் அது அடிவானத்திலிருந்து கால்வட்ட தூரம் இயங்கிவிட்டது போல் தோன்றுகிறது. இந்த இயக்கமும் உண்மையில் அந்த நட்சத்திரத்தின் இயக்கம் அன்று. பூமியானது தான் சூரியனைச் சுற்றி ஓடும் பாதையில் ஓடி மூன்று மாதத்தில் கால்வட்ட தூரம் இடம் மாறியதே இந்தத் தோற்றத்திற்குக் காரணம்.

தென் இந்தியாவில் இரவில் சுமார் 8 மணிக்கு வடதிசையிலே அடிவானத்திற்குச் சற்று உயரே, சற்றே பிரகாசமான ஒரு நட்சத்திரத்தைத் தெளிவாகக் காணலாம். ஒவ்வோர் இரவிலும், அது அந்த இடத்தை விட்டு நகராமல் அங்கேயே இருக்கிறது இது உதிப்பதும் இல்லை. அஸ்தமிப்பதும் இல்லை. ஆண்டு முழுவதும் வடதிசையில் மேகம் இல்லாத எந்த நாளிலும் இதை அதே இடத்தில் காணலாம். இதற்குத் துருவ நட்சத்திரம் (Pole star) என்று பெயர்.

பூமி சூரியனைச் சுற்றிச் சுழன்று ஓடும்போது அது சுழலும் மைய அச்சு எப்பொழுதும் ஒரே திசையை நோக்கியே இருக்கும் என்று பார்த்தோம். இந்த அச்சு நோக்கியிருக்கும் திசையில் தான் துருவ நட்சத்திரம் இருக்கிறது. பூமி தன்னுடைய அயன வீதியில் இடம் இடமாக நகர்ந்த போதிலும், ஒரே திசையில் அதாவது வடக்கில் துருவ நட்சத்திரத்தைக் காணலாம்.

துருவ நட்சத்திரத்தைத் தவிர மற்ற எல்லா நட்சத்திரங்களும் வானத்திலே வட்டமிட்டு ஓடுவது போலத் தோன்றுகின்றன.

துருவ நட்சத்திரத்தை மிகவும் அடுத்துள்ள வேறுசில நட்சத்திரங்களும் அஸ்தமித்து மறைவதில்லை. ஆண்டு முழுவதும் ஒவ்வோர் இரவிலும் அவைகளை வடதிசையில் காணலாம்.

11. நட்சத்திரங்களின் உண்மையான இயக்கம்

நட்சத்திரங்கள் எல்லாம் ஒரு பெரிய கோளத்தில் பொருத்தி வைக்கப்பட்ட புள்ளிகள் போல் அப்படியே சுழலுவது போலத் தோன்றும். பழங்காலத்து வான ஆராய்ச்சியாளர்கள் ‘ நட்சத்திரங்கள் நிலைத்த இடத்திலிருப்பவை. அவை கோள்கள்போல் இயங்குவதாகத் தெரியவில்லை. நட்சத்திரங்களுக்கு இடைப்பட்ட தூரங்கள் ஒன்றுக்கொன்று மாறாமல் இருக்கின்றன ’ என முடிவு கட்டியிருந்தனர்.

ஆனால், தற்கால நுண்கருவிகள் துணைகொண்டு செய்த ஆய்வின் விளைவாக அவை ஒன்றுக்கொன்று சிறிது சிறிதாக நகர்வது தெரியவருகிறது. இந் நகர்ச்சியை முதலில் கண்டு பிடித்துக் கூறியவர் வால்மீன் புகழ் பெற்ற ஹாலியாவார்.

ஆகவே நட்சத்திரங்கள் வான வெளியிலே உண்மையில் இயங்குகின்றன. ஆனால் ஒவ்வொரு நட்சத்திரமும் தனித்து நகருவது தெரியாது. அவைகளின் இயக்கத்தை நூறு ஆண்டு களிலும் நம்மால் எளிதில் கண்டுபிடிக்க முடியாது.

ஏன் என்றால், நட்சத்திரங்கள் நம்மிடமிருந்து நெடுந்தூரத் திற்கு அப்பால் இருக்கின்றன. ஆகையால் நாம் கண்ணால் பார்த்துத் தெரிந்துகொள்ளும் அளவு அவை வானத்தில் இடம் மாறி விலகுவதற்கு ஆயிரக்கணக்கான ஆண்டுகள் ஆகும். ஆனால், இக்காலத்திலே அமைக்கப்பட்டிருக்கும் மிகச் சிறந்த விஞ்ஞானக் கருவிகளின் துணையால், மிக நுட்பமான நட்சத்திர இயக்கங்களையும் அளந்து அறிய முடிகிறது.

துருவ நட்சத்திரம் நொடிக்கு 15 மைல் வீதம் இயங்குகிறது. இது நம்மை நோக்கி நெருங்கி வருகிறது. சூரியன் நொடிக்கு 10 மைல் வீதமே செல்கிறான். சுவாதி என்னும் நட்சத்திரம் நொடிக்கு 80 மைலுக்கு அதிகமான வேகத்தோடு ஓடுகிறது.

12. நட்சத்திரங்களின் முறையான நகர்ச்சி (Proper motion of stars)

வான கோளத்தில் ஓர் ஆண்டில் ஒரு நட்சத்திரம் நகரும் விகலைகள் (Seconds) அதன் முறையான நகர்ச்சி எனக் கொள்ளப்படும். பர்னார்ட் (Bernard's) நட்சத்திரத்தின் முறை யான நகர்ச்சி ஆண்டுக்கு 10" தான். நமக்குத் தெரிந்தவரை மிகப் பெரிய நகர்ச்சி அளவு இதுதான். ஆண்டுக்கு 1" க்கு மேற் பட்ட முறையான நகர்ச்சியுடைய விண்மீன்கள் ஏறக்குறைய 200 ஆகும். சிரியஸ், ஆல்பா சென்டாரி, சுவாதி, வேகா ஆகிய ஒளி மிக்க நட்சத்திரங்களின் முறையான நகர்ச்சி ஆண்டுக்கு 2" அளவு தான். வெற்றுக் கண்ணால் பார்க்கக்கூடிய நட்சத்திரங்களின் முறையான நகர்ச்சி 0.1" அளவுக்கு மேலாக இல்லை எனலாம்.

13. ஞாயிற்றுப் பாதை

நாலா பக்கங்களிலும் உள்ள நட்சத்திரங்களின் நடுவிலே சூரியனைச் சுற்றி பூமி ஓடிவருகிறது. ஆனால் பூமி ஓடுவதை

நாம் உணர்வதில்லை. நட்சத்திரங்களுக்கு ஊடாகச் சூரியன் ஓடுவது போன்ற ஒரு தோற்றம் நமக்கு உண்டாகிறது. இத் தோற்றப் பாதை ஞாயிற்றுப் பாதை (Ecliptic) எனப்படும், இது ஒரு நீள்வட்ட வடிவமானது (Ellipse). ஓர் ஆண்டில் சித்திரை மாதத்தில் அதன் பாதையில் ஓர் இடத்தில் சூரியன் உள்ளது போல் தோன்றும். சூரியன் வானத்தைச் சுற்றி வட்டமிட்டு மறு ஆண்டில் சித்திரை மாதத்தில் அதே இடத்துக்கு மீண்டும் வந்து விட்டது போல் தோன்றுகிறது.

14. சூரியன் வீதி எழிலொளி (Zodiacal light)

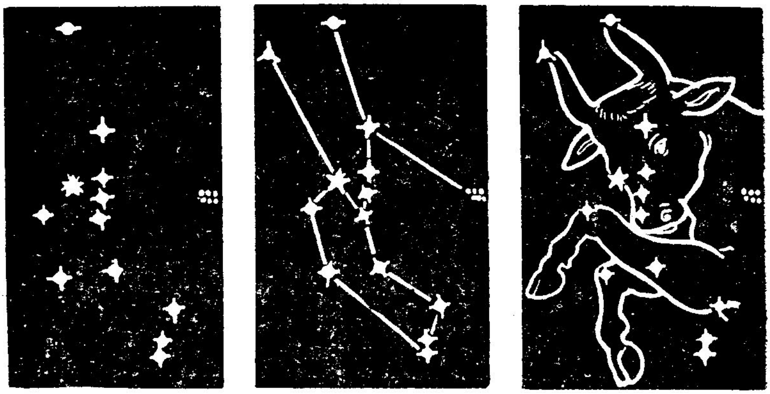
சூரியன் மறைந்த பின்பு சந்திரனல்லாத நீல வானத்தைப் பார்த்தால், சூரியனிலிருந்து புறப்பட்டு வருவது போல ஒரு கூம்பு வடிவான ஒளிக்கதிர் மங்கலாகத் தெரியும். இவ்வாறே சூரியன் எழுவதற்கு முன்பு ஒரு தோற்றம் தெரியும். இதன் போக்கு கதிரவன் பாதையில் அமையும். பூமியில் வெப்ப மண்டலத்தில் இவ்வொளி மிகத் தெளிவாகத் தென்படும். இதற்குச் சூரியன் வீதி எழிலொளி (Zodiacal light) எனப் பெயர். இவ் வொளி சூரியனின் ஒளிர் மகுடத் (Corona) தொடர்புடைத்து எனக் கூறப்படுகிறது.

15. இராசிச் சக்கரம் (Zodaic)

ஞாயிற்றுப்பாதை வட்டத்திற்கு இருபுறமும் சுமார் 8° அகலமுள்ள வான கோள வலயம் ஒன்று அமைக்கவும். இந்த வலயத்தில் சந்திரனது பாதையும், மற்றக் கிரகங்களின் பாதைகளும் அமைவதை நம் முன்னோர்கள் கவனித்தார்கள். சூரியனும் சந்திரனும் மற்றக் கிரகங்களும் தத்தம் பாதையிலிருந்து விலகிச் செல்லாமல் ஓடிவருவதையும் கண்ணுற்றார்கள். சூரியன், சந்திரன், கிரகங்கள் ஆகியவற்றின் பாதையைக் கொண்ட இந்த வலையத்திற்கு வானவீதி எனப் பெயரிட்டனர். இதைப் பன்னிரண்டு பாகங்களாகப் பிரித்துள்ளனர். ஒவ்வொரு பகுதிக்கும் 'இராசி' என்று பெயரிட்டார்கள். இதன் காரணமாக வான வீதியை 'இராசிச் சக்கரம்' (Zodaic) என அழைத்தார்கள், இந்த இராசி பாகம், முக்கியமாகக் கால அளவுக்கு நம் நாட்டில் இன்னும் பயன்படுகிறது. சூரியன் இந்தப் பாகங்களில் இருக்கும் காலம் தமிழ் மாதமாகும்.

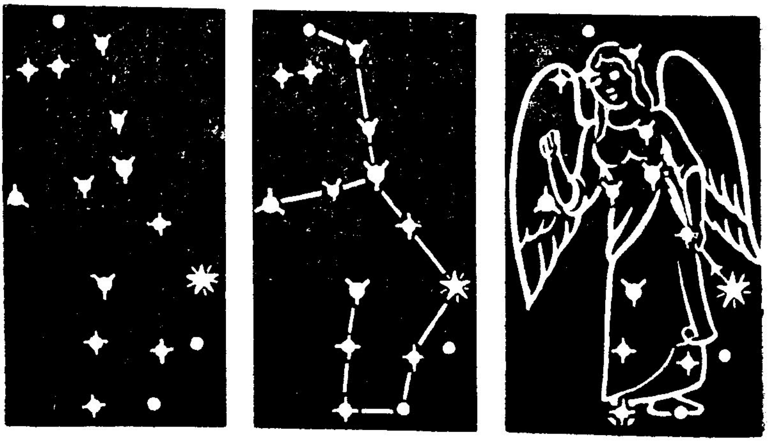
16. இராசிகளின் பெயர்கள்

பழங்காலத்தினர் ஒவ்வோர் இராசியிலும் அடங்கிய நட்சத்திரங்களை ஊன்று கவனித்தார்கள். அவை சிற்சில பிராணிகளின் உருவங்களைப் போல் அமைந்திருப்பதாக அவர்கள் கற்பனை செய்தார்கள். அந்த உருவங்களைக் கொண்டு ஒவ்வோர்



படம் 7-2

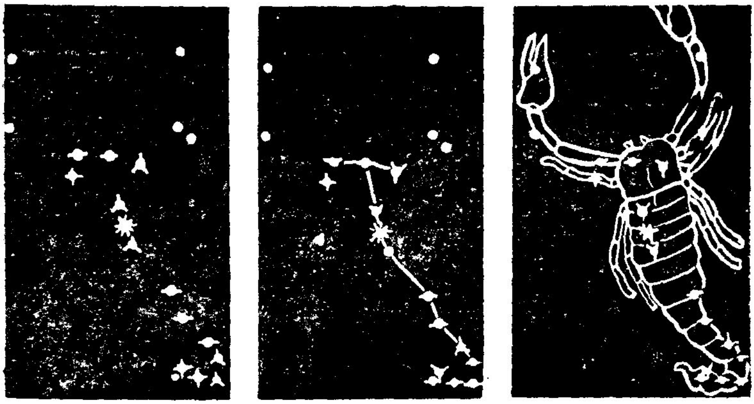
இடப இராசி : 1. நட்சத்திரக் கூட்டம், 2 கோடிட்டு இணைத்தது, 3. இடபத்தின் உருவம் (பகுதி)



படம் 7-3

கன்னி இராசி: 1. நட்சத்திரக் கூட்டம், 2. கோடிட்டு இணைத்தது, 3. (தேவ) கன்னியின் உருவம்

இராசிக்கும் ஒரு தனிப் பெயரை அவர்கள் வழங்கினார்கள். அப்படி வழங்கிய பன்னிரண்டு பெயர்களும் இங்கு தரப் பட்டுள்ளன. உதாரணமாக, மேஷ ராசியில் காணப்படும்



படம் 7-4

விருச்சிக இராசி -- 1, நட்சத்திரக் கூட்டம், 2. கோடிட்டு இணைத்தது, 3. தேளின் உருவம்

நட்சத்திரங்கள் ஓர் ஆட்டின் தலை போல் அமைவதால் அந்த இராசிக்கு அப் பெயர் தரப்பட்டது. இதே போல் சிம்மராசியில் உள்ள நட்சத்திரங்கள் ஒரு சிங்கத்தின் உருவமைப்புடன் காணப் படுவதால், அதற்கு சிம்மராசி எனப் பெயர் கொடுக்கப்பட்டது. ஒவ்வொரு தொகுப்பும் ஒரு விண்மீன் மண்டலமாகும்.

இராசிகளின் பெயர்களாவன : மேடம் (Aries) ; இடபம் (Taurus); மிதுனம் (Gemini); கடகம (Cancer) ; சிங்கம் (Leo) ; கன்னி (Virgo) ; துலாம் (Libra) ; விருச்சிகம் (Scorpio); தனுசு (Sagittarius) ; மகரம் (Capricorn); கும்பம் (Aguarius) ; மீனம் (Pisces).

சித்திரை மாதத்தில் சூரியன் மேட ராசியிலும், வைகாசி மாதத்தில் இடபராசியிலும், ஆனி மாதத்தில் மிதுன இராசியிலும் இவ்வாறே ஒவ்வொன்றாகப் பிற மாதங்களிலும் இராசி ஒவ் வொன்றிலும் இருப்பது போல் நமக்குத் தோன்றுகிறது. ஒவ் வொரு ராசியையும் கடப்பதற்குச் சூரியன் எடுத்துக் கொள்ளும் காலமே ஒரு மாதம் எனப்படும்.

படம் 7-5

1. மேஷம், 2. ரிஷபம், 3. மிதுனம், 4. கடகம், 5. சிம்மம், 6. கன்னி, 7. துலாம், 8. விருச்சிகம், 9. தனுசு, 10. மகரம், 11. கும்பம், 12. மீனம்

17. இராசிகளும் நட்சத்திரங்களும்

நம்முடைய நாட்டில் ஞாயிற்றுப் பாதையை வேறொரு முறையில் இருபத்தேழு பகுதிகளாகப் பிரித்து 27 நட்சத்திரங்கள் (Asterisms) என்றும் குறிப்பிடுகிறார்கள். ஆகவே, ஒவ்வோர் இராசியிலும் இரண்டே கால் நட்சத்திரங்கள் அடங்கும். உதாரணமாக, மேட ராசியில் அசுவனியும் பரணியும், கார்த்திகையின் முதல் பாதமும் (பாதம் என்றால் கால் பகுதி என்று பொருள்) அடங்குகின்றன. கார்த்திகையின் முக்கால் பகுதியும் ரோகிணி முழுவதும், மிருகசீரிடத்தின் பேர் பாதியும், ஆக மொத்தம் இரண்டே கால்—அடுத்ததான ரிடப ராசியில் அடங்குகின்றன. இவ்வாறே வரிசையாக நட்சத்திரங்கள் இருபத்தேழும் பன்னிரண்டு இராசிகளில் அடங்கி விடுகின்றன.

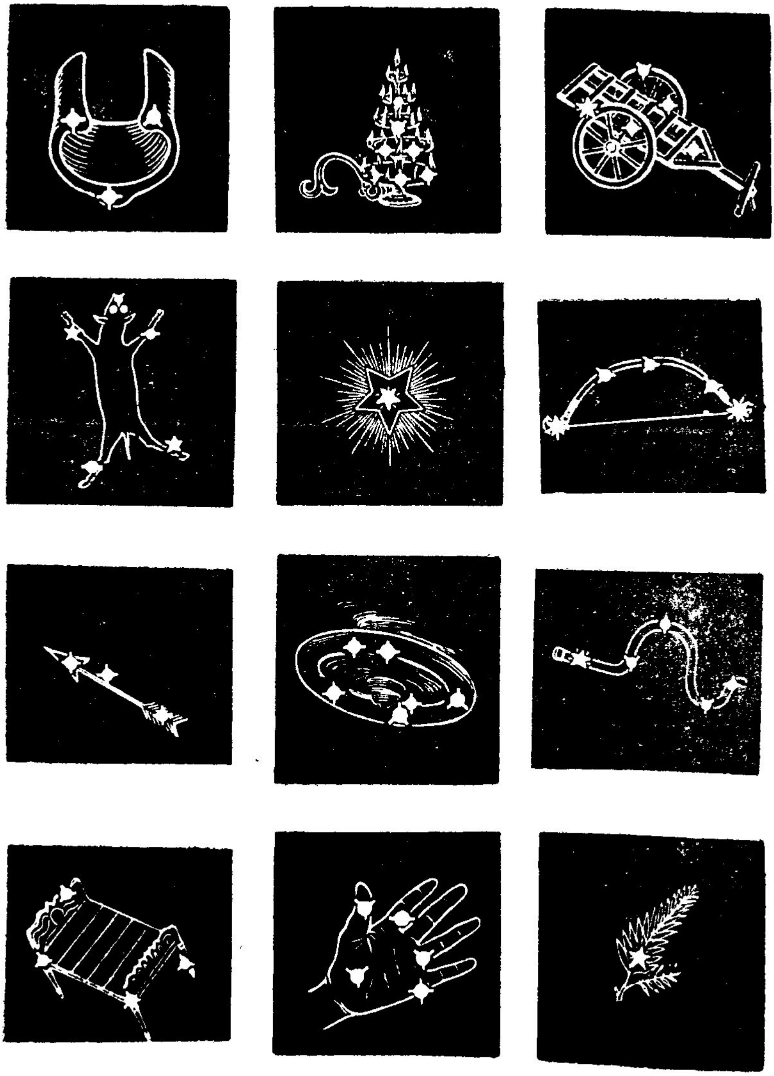
திருவாதிரை, சித்திரை, சுவாதி ஆகிய நட்சத்திரங்கள் தவிர மற்றவை யாவும் ஒரு சிறு விண்மீன் மண்டலம் ஆகும்.

இராசிகளுக்கு வடிவங்கள் கற்பித்தது போலவே, நட்சத்திரங்களுக்கும், பழங்காலத்தினர் பற்பல வகையான வடிவங்களைக் கற்பித்திருக்கிறார்கள். அவைகளை அட்டவணையிலும், படங்களிலும் காணலாம். இந்த வடிவங்களைப் பாட்டாகவே நினைவு கூர்ந்தார்கள். இதோ அந்தப் பாட்டு

நட்சத்திர வடிவம்

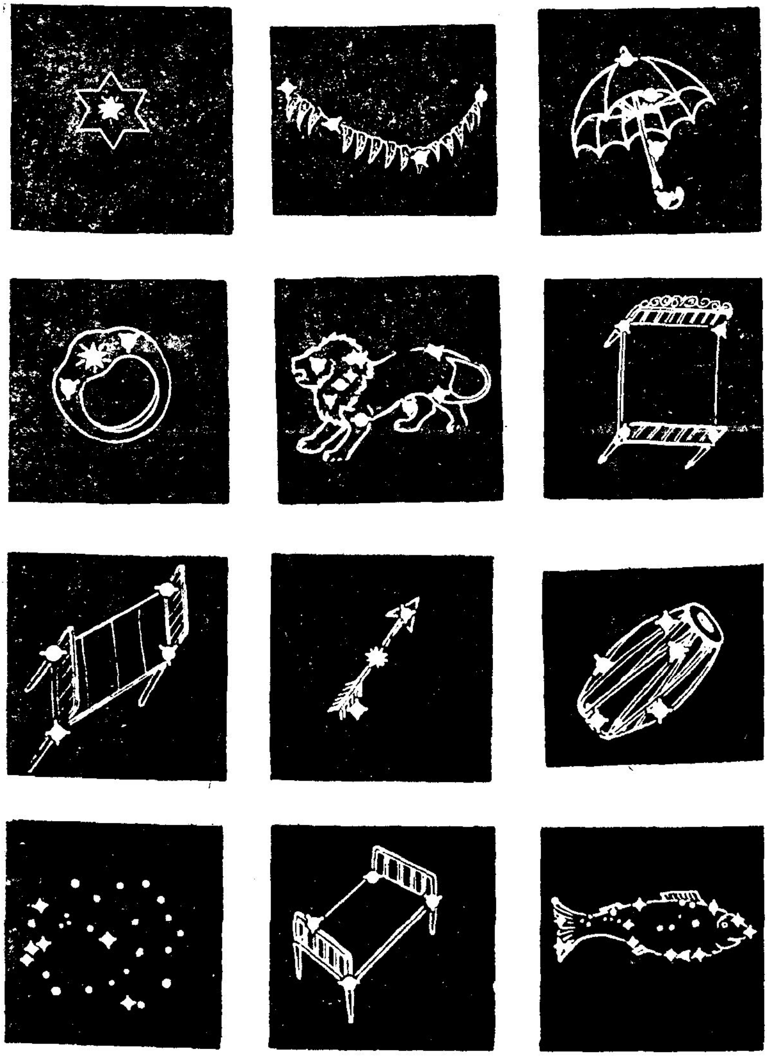
அச்சுவினி அறுமீன் குதிரைத் தலைபோல்
பரணி மும்மீன் அடுப்புப் போல
கார்த்திகை அறுமீன் ஏற்றிய தீபம்
உரோகணி ஊற்றால் பன்னிரு மீனாம்
மான்தலை மூன்றும் தேங்காய்க் கண்போல்
ஆதிரை ஒரு மணி
ஓதிய புனர்தம் ஓடம் போல
பூசம் புடலம் பூவது போல
ஆயிலியம் நான்கும் அம்மி போல
மகம் ஒரு நான்கும் முடநுகம் போல
பூரம், உத்திரம் பொன் கால் கட்டில்
அத்தம் ஐம் மீன் கைத்தலம் போல
சித்திரை ஒரு மீன் சிறு புலிக்
கண்போல்
சோதி துலக்கத்து ஒரு மணி என்ப
விசாகம் ஆறும் மிகு பழந் துரவாம்
அனுஷம் ஆறும் முடப்பனை போல்

படம் 7–6
1. அசுவதி



படம் 7-6 (2-லிருந்து 14-வரை)

2. பரணி, 3. கார்த்திகை, 4. ரோகிணி, 5. மிருகசீரிடம், 6. திருவாதிரை, 7. புனர்பூசம், 8. பூசம், 9. ஆயில்யம், 10. மகம், 11. பூரம், 12. உத்திரம், 13. ஹஸ்தம், 14. சித்திரை



படம் 7-6 (15-லிருந்து 27 வரை)

15. சுவாதி, 16. விசாகம், 17. அனுஷம், 18. கேட்டை, 19. மூலம், 20. பூராடம், 21. உத்திராடம், 22. திருவோணம், 23. அவிட்டம், 24 சதயம், 25. பூரட்டாதி, 26. உத்திரட்டாதி, 27. ரேவதி

கேட்டை நான்கும் ஈட்டிபோல்
மூலம் ஆறும் எக்காளம் போல்
பூராடம், உத்திராடம் பூங்கால் நாலாம்
ஓணம் மூன்றும் மூழக்கோல் போல
அவிட்டச் சக்கரம் ஆறே ஆகும்
தவிட்டுச் சதயம் நான்கே ஆவன!
பூரட்டாதியும். உத்திரட்டாதியும்,
ரேவது மொய்ம் மீன் தோணி போல

குறிப்பு : அச்சுவனி—அசுவதி
மான்தலை – மிருகசீர்டம்
ஆதிரை—திருவாதிரை
புனர்தம்—புனர்பூசம்
அத்தம் —ஹஸ்தம்
சோதி—சுவாதி
ஓணம்—திருவோணம்

ஒவ்வொரு நாளும் சூரியன், சந்திரன், கிரகங்கள் ஆகியவை வானத்திலே எங்கே இருக்கின்றன. என்று குறிப்பிடுவதற்கு இந்த இராசிகளும், நட்சத்திரங்களும் துணை செய்கின்றன.

கோள்கள் காணப்படும் இடம்: பஞ்சாங்கங்களில் கோள்களின் நிலையை இராசிகளில் படம் வழிக் குறிக்கப்படுகிறது.

12 கேது	1	2	செவ் 3 குரு
11	ராசி சக்கரம்		4
10			சுக் 5 சனி
9	8	சூ 7 புதன்	ராகு 6

படம் 7-7

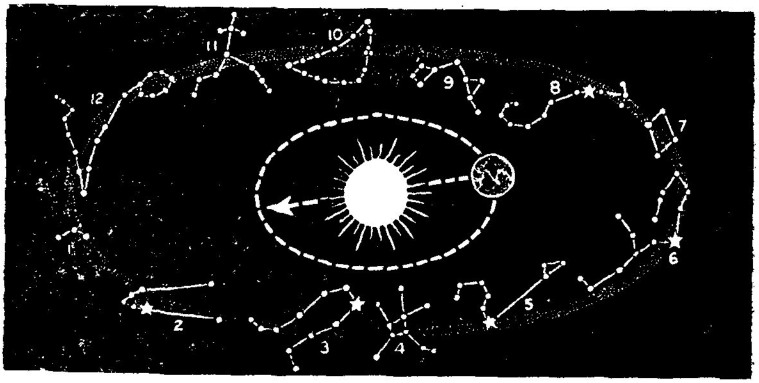
இது சோதிடம் அன்று. ஒவ்வொரு மாதமும் முதல் தேதியன்று கோள்கள் அவற்றின் நிலைக்கேற்ப ஒரு கட்டத்தில் குறிக்கப்படும். பன்னிரண்டு ராசிகளை முறையே படத்தில்

உள்ள கட்டங்களால் காட்டப்படுகின்றன. உதாரணமாக பிங்கள வருஷத்திய (1977-78) ஐப்பசி மாதத்தின் இராசிச் சக்கரத்தைப் பார்ப்போம். மேல் வரிசையில் இடப்புறமிருந்து இரண்டாவது கட்டம் மேட இராசியைக் குறிக்கும். மேடத்திலிருந்து ஒவ்வோர் இராசியும் கிழக்காக இருக்கும். ஆகவே அதிலிருந்து வரிசையாக வலப்புறமாக இராசிகளைக் குறித்து வரவேண்டும்.

பஞ்சாங்கங்களில் ஒவ்வொரு மாதத்திற்கும் இராசிச் சக்கரம் ஒன்று கொடுக்கப்பட்டிருக்கும். அதிலிருந்து சூரியன் இருக்கும் இராசியையும் சந்திரனும் கோள்களும் இருக்கும் இராசிகளையும் தெரிந்து கொள்ளலாம். பழங்காலத்து வான சாஸ்திரிகள் சூரியனையும் சந்திரனையும் கிரகங்களாகப் பாவித்தார்கள் பூமியை அவற்றோடு வைக்கவில்லை. யுரேனஸ், நெப்டியூன், புளூட்டோ என்னும் கோள்களைப் பற்றி அவர்கள் கேள்விப் பட்டதுகூடக் கிடையாது.

ஐப்பசி மாதம் என்பது துலா ராசியில் சூரியன் இருக்கும் காலமாகும். அது 7ஆவது மாதம் ஆதலால் 7ஆவது கட்டத்தில் சூரியன் எனக் குறிப்பிடப்பட்டிருக்கிறது.

மிதுன இராசியில் 'செவ்வாய்', 'குரு' என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கிறது. சூரியன் அஸ்தமித்த பின்பு மிதுன இராசியின் நட்சத்



படம் 7-29

பன்னிரண்டு இராசிகளில் சூரியன் பொருந்தியிருப்பது போலத் தோன்றல். நடுவில் உள்ளது சூரியன். பூமி அதைச் சுற்றி ஓடும் பாதையும், அதனால் சூரியனுக்கும் அப்பால் உள்ள இராசிகளில் (நட்சத்திரக் கூட்டத்தில்) சூரியன் இருப்பதுபோல் தோன்றுவதும்.

1. மேஷம், 2. ரிஷபம், 3. மிதுனம், 4. கடகம், 5. சிம்மம், 6. கன்னி, 7. துலாம், 8. விருச்சிகம், 9. தனுசு, 10. மகரம், 11. கும்பம், 12. மீனம்

திரங்களுக்கு நடுவிலே செவ்வாய், குரு ஆகிய கிரகங்களைக் காணலாம். சிம்ம ராசியில், சுக்கிரன், சனி எனக் குறிக்கப் பட்டிருக்கிறது. இவைகளைச் சிம்ம ராசி நட்சத்திரங்களிடையே காணலாம்.

மேடத்திலிருந்து ஒவ்வோர் இராசியும் கிழக்காக இருக் கின்றது. பூமியின் தின இயக்கத்தினால், ஞாயிற்றுப் பாதையில் மேட ராசி எழுந்தபின் ரிடப ராசி எழும். இதனால் அடிவானத் திற்கு மேல் இன்னின்ன இராசிகள் உள்ளன என்றும், இரவில் ஒரு குறிப்பிட்ட நாளில், குறிப்பிட்ட நேரத்தில் இன்னின்ன மீன் மண்டலங்களைக் காணலாம் என்பதையும் எளிதாக அறியலாம்.

20. சந்திரன் காணப்படும் இடம்

பஞ்சாங்கத்தைப் பார்த்தால் ஒவ்வொரு நாளுக்கும் கிழமை (அதாவது வாரம்) திதி, நட்சத்திரம் ஆகியவைகள் அதில் குறிக்கப் பட்டிருப்பது தெரியும். திதி என்பது சந்திர நாளின் கணக்கைக் குறிக்கும். அதாவது பௌர்ணமிக்குப் பின்போ, அமாவாசைக்குப் பின்போ சந்திரனின் போக்குப்படி அன்று எத்தனை நாள் ஆயிற்று என்பதைக் குறிக்கும்.

நட்சத்திரம் என்பது ஒரு நாள் தொடங்கும்போது சந்திரன் அன்று எந்த நட்சத்திரத்தைச் சார்ந்து இருந்தது என்னும் குறிப்பாகும்.

உதாரணமாக 1977ஆம் ஆண்டு அக்டோபர் மாதம் 21ஆம் தேதியை, அதாவது ஐப்பசி மாதம் 5ஆம் தேதியை எடுத்துக் கொள்வோம். அன்று வெள்ளிக்கிழமை நவமி 3-26, தசமி 59-37, சிரவண அல்லது திருவோண நட்சத்திரம் எனக் காண்கிறோம். ஆனால் சிரவணம் என்பதற்குப் பின்னால் 10-29 எனக் குறிக்கப் பட்டிருக்கிறது. அன்று காலையிலிருந்து 10 நாழிகை 29 விநாடி வரை சந்திரன் சிரவண நட்சத்திரத்தைச் சார்ந்திருக்கும். அதன் பிறகு சந்திரன் அவிட்ட நட்சத்திரத்திற்கு நகர்ந்து விடும் என்பது பொருள்.

இப்படியாகப் பஞ்சாங்கங்களைப் பார்த்து எந்த ஆண்டிலும் எந்த மாதத்திலும், சூரியன், சந்திரன், கிரகங்கள் ஆகியவை வானத்தில் இருக்கும் இடத்தைத் தெரிந்து கொள்ளலாம்.

சூரிய வீதியிலுள்ள நட்சத்திரங்களைக் கடக்க சந்திர னுக்கு 27 நாட்கள் ஆகிறது. ஆகவே ஒவ்வொரு நட்சத்திரத் தையும் அதாவது $13^\circ\ 20'$ கொண்ட வில்லைக் கடக்க ஏறக் குறைய 1 நாள் ஆகிறது. ஞாயிற்றுப் பாதை வழியாகச்

சந்திரனின் இயக்கம் சீரானதாகக் காணப்படவில்லை. சில சமயம் ஒரு நட்சத்திரத்தைக் கடக்க 26½ மணி நேரம் ஆகிறது. சில சமயம் அப்படிக் கடப்பதற்கு 21½ மணி அளவே ஆகிறது.

21. நட்சத்திர கணங்கள் அல்லது விண்மீன் மண்டலங்கள் (Constellation)

மிகப் பழங்காலத்திலே வாழ்ந்த மக்கள், தாங்கள் வானத்திலே கண்ட முக்கியமான நட்சத்திரங்களைக் கூட்டம் கூட்டமாக வகுத்தார்கள். சில விண்மீன்களைக் கூட்டமாகத் தொகுத்து அவைகளுக்கு ஒரு வடிவம் கற்பித்தனர். அவைகளுக்கு நம் கதைகளில் வரும் பெயர்களைக் கொடுத்தனர். மேனாட்டு மக்கள் கிரேக்க கதைகளிலிருந்து பெயர்களைக் கொடுத்தனர். இவ்வாறு உருவம், வடிவம் கற்பிக்கப்பட்ட மீன் கூட்டங்களை, நட்சத்திர மண்டலம் அல்லது விண்மீன் மண்டலம் (Constellation) எனக் கூறுகிறோம்.

22. பால்வழி (Milky way)

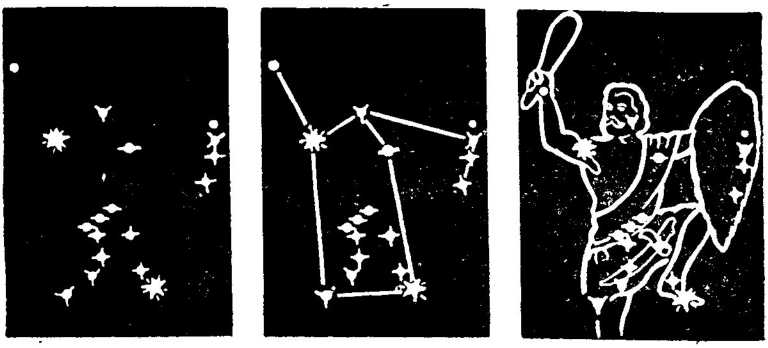
வானத்தை நள்ளிரவில் கவனித்தால் அதன் குறுக்கே ஓர் ஒளிப்பட்டை தோன்றுவதைக் கவனிக்கலாம். இதற்குப் பால்வழி எனப் பெயராகும். இது வான வெளியில் விண்மீன்கள் நெருங்கி அமைந்திருக்கும் பிரதேசத்தைக் காட்டுகிறது. இவ்வொளிப் பட்டையில் உள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியும் ஒரு நட்சத்திரமாகும்

இந்தப் பால் வழியை ஆகாய கங்கை, அதாவது ஆகாயத்தில் ஓடும் ஓர் ஆறு எனக் கருதியிருந்த காலமும் உண்டு. இதன் பாதை வெண்மேகம் போன்ற நிறத்துடன் ஒளி பரவி இருக்கும். இந்த ஒளி இதிலுள்ள நட்சத்திரக் கூட்டத்தின் ஒளியாகும்.

23. 89 மீன் மண்டலங்கள்

விண்மீன் மண்டலங்களை ஆராய்ந்த பழங்காலத்தினர், அவைகளை 89 மீன் மண்டலங்களாக வகைப்படுத்தினர். இவற்றுள் 12 விண்மீன் மண்டலங்கள் சூரிய வீதியில் காணப்படுகின்றன. இவை இராசிச் சக்கர விண்மீன் மண்டலங்கள் எனப்படும். மற்ற 77 விண்மீன் மண்டலங்கள் ஆகாயத்தில் இதர இடங்களில் பரவிக் காணப்படுகின்றன. இவை யாவற்றையும் ஒரே காலத்தில் காணமுடியாது. இவற்றுள் சில, வருடத்தில் சில மாதங்களிலே காணப்படும். சில வடகோளத்திலும், மற்றும் சில தென் கோளத்திலும் காணப்படும்.

இவற்றுள் சில முக்கியமான மீன்மண்டலங்கள் கீழே தரப்பட்டுள்ளன.

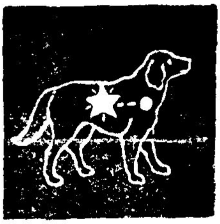


படம் 7-30

பெருங்கரடி மண்டலம்		(Ursa Major or The Great Bear)
சிறுகரடி மண்டலம்		(The Little Bear)
காசியோபியா	,,	(The Woman in the Chair)
ஹர்குலிஸ்	,,	(Hercules, the kneeling hero)
ஆண்டிரோமீடா	,,	(The Chained Woman)
பெர்சியஸ்	,,	(The Champion)
ஓரியன்	,,	(The Warrior)
பெருநாய்	,,	(Canis Major, The Greater Dog)
சிறு நாய்	,,	(Canis Minor, The Lesser Dog)
கழுகு	,,	(Aquila)
அன்னம்	,,	(Cygnus)
யாழ்	,,	(Lyrae)
பறக்கும் குதிரை	,,	(Pegasus)

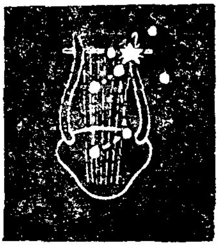
1. காசியபியா

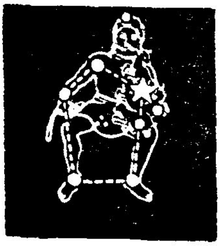
2. கருடன்


3. சிறு நாய்

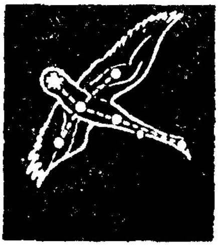
4. அன்ட்ராமீடா

5. சிபி


6. யாழ்


7. ஒரைகா

8. பர்சியுஸ்


9. அன்னம்

10. பறக்கும் குதிரை

18. ஹெர்குலீஸ்

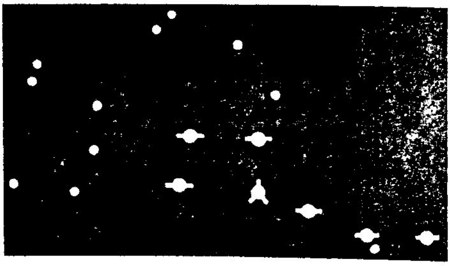
12. பூதேசன்

படம் 7-31

பின் வரும் படங்களில் முறையே இளவேனிற் காலத்தில் (Spring), வேனிற்காலத்தில் (Summer), இலையுதிர்காலத்தில் (Autumn), குளிர்காலத்தில் (Winter) சென்னையில் இரவில் காணக்கூடிய நட்சத்திரங்களும், நட்சத்திர மண்டலங்களும் காட்டப்பட்டிருக்கின்றன. அவைகளை அடையாளம் கொள்ளும் வகையும் விவரிக்கப்பட்டிருக்கிறது.

24. இளவேனிற்கால மீன் மண்டலங்கள் (Spring Constellations) ஏப்ரல் முதல் தேதி இரவு 10 மணி சென்னை இரவு வானக் காட்சி.

சப்தரிஷி மண்டலம் (The Great Bear or Ursa Major) : முதலில் வட திசையை நோக்குங்கள். அங்கே தொடுவானத்திலிருந்து பாதி உயரத்தில் பிரகாசமான சில நட்சத்திரங்கள் ஒன்றிலிருந்து ஒன்று சற்றே விலகி ஒரு கூட்டமாக அமைந்திருப்

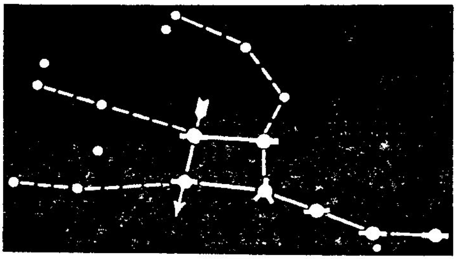


படம் 7-32

வட திசையில் காணும் சப்தரிஷி மண்டலம். இதன் முக்கிய நட்சத்திரங்கள் ஏழும் பெரிதாகக் காட்டப்பட்டிருக்கின்றன.

பதைக் காணலாம். அந்த வானப் பகுதியில் உள்ள மற்ற நட்சத்திரங்கள் எல்லாம் மங்கலாக உள்ளபடியால், இந்த நட்சத்திரங்கள் பளிச்சென்று தெரியும். ஏழு நட்சத்திரங்கள் கொண்ட இந்தக் கூட்டத்தின் அமைப்புப் படத்தில் காட்டியபடி இருக்கும்.

இந்த நட்சத்திரக் கூட்டத்தை—இதைக் கணம் என்றும் சொல்வதுண்டு—மிகப் பழங்காலம் முதலே பல நாடுகளில் உள்ள



படம் 7-33

அந்த நட்சத்திரங்களைக் கோடிட்டு இணைத்துக்காட்டிய தோற்றம், அம்புக்குறி துருவ நட்சத்திரம் உள்ள திசையைக் குறிக்கிறது.

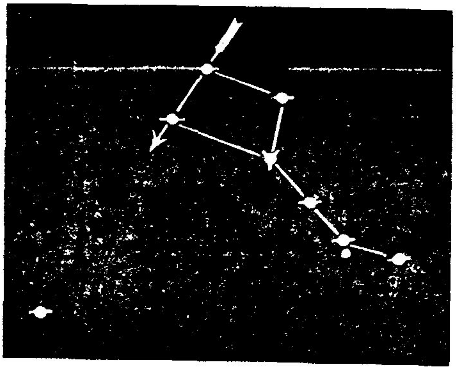
வர்களும் கவனித்து வந்திருக்கிறார்கள். தங்களுடைய கற்பனைக் கேற்ப இக் கூட்டத்திற்குப் பெயர் வைத்திருக்கிறார்கள்.

நம்முடைய நாட்டிலே இதை சப்தரிஷி மண்டலம், அதாவது ஏழு ரிஷிகள் அடங்கிய கூட்டம் என்று சொல்லுகிறோம். இக் கூட்டத்திற்கே பெருங்கரடி (Great Bear), சார்லஸ் மன்னனின் வண்டி, வெட்டுக் கத்தி, நீர் யானை, கலப்பை அல்லது ஏர்க்கால் (Plough), வால் கிண்ணம் என்றும் பிற நாட்டினர் பெயரிட்டுள் ளனர். இந்த ஏழு நட்சத்திரங்களின் மொத்த வடிவம் வளைந்த

படம் 7-34

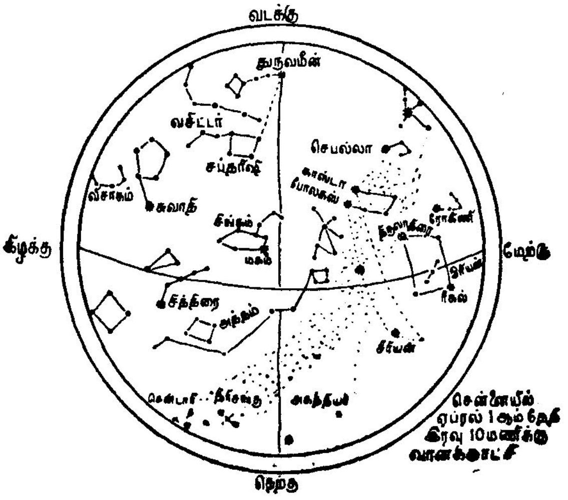
சப்தரிஷி மண்டலத்தைப் பெருங்கரடி என்றும் வழங்குவது உண்டு. அவ்வாறு கற்பிக்கப்பட்ட கரடியின் தோற்றம்.

பிடியைக் கொண்ட வால் கிண்ணத்தைப் போல் அமைந்திருக்கிறது.



படம் 7-35

சப்தரிஷி மண்டலத்து மேற்கு ஓரத்து நட்சத்திரங்கள் இரண்டையும் இணைத்து, துருவனைக் கண்டுபிடித்தல், இடது கீழ் ஓரத்தில் காட்டியிருப்பது துருவம்,



படம் 7-36

நம்முடைய நாட்டிலே இந்த ஏழு நட்சத்திரங்களில் ஒவ்வொன்றுக்கும் ஒரு ரிஷியின் பெயரை வைத்திருக்கிறார்கள். அப்பெயர்களாவன: புலஹர், கிரது, அத்திரி, புலஸ்தியர், ஆங்கிரஸர்

வசிஷ்டர், மரீசி. வளைந்த பிடியில் உள்ள மூன்று நட்சத்திரங் களில் மையத்தில் உள்ள நட்சத்திரம் 'வசிஷ்டர்' (Rizar) எனப் படும். அதை அடுத்தாற்போல், மிக அருகே சற்றுக் கீழாக ஒரு சிறிய நட்சத்திரம் இருக்கிறது. அதுதான் 'அருந்ததி' (Alcor). அருந்ததி என்பவள் வசிஷ்டரின் மனைவி. கற்பில் மிகச் சிறந்தவள். இந்து திருமணச் சடங்கில், மணமகன் அருந்ததியை மணமகளுக்குக் காட்டி 'அவளைப் போல் நீயும் கற்பில் சிறந்தவளாக இருப்பாயாக' என்கிறான்.

இந்தச் சிறு நட்சத்திரத்தை அரேபியா நாட்டினர் 'ஆல்கார்' என்று சொல்லி வந்தார்கள். 'ஆல்கார்' என்றால் 'சோதனை' என்று பொருள். நல்ல கண் பார்வை உள்ளவர்களால்தான் இதைக் காண முடியும். ஒருவனுக்கு நல்ல கண் பார்வை இருக் கிறதா என்று சோதிப்பதற்கு இதை ஒரு காலத்தில் பயன்படுத்தி வந்தார்கள்.

துருவன் : சப்தரிஷி மண்டலத்தில் அதன் மேற்கு ஓரத்தில் உள்ள இரண்டு நட்சத்திரங்களை ஒரு நேர்கோட்டினால் மனத் தில் இணைத்து அந்த நேர்கோட்டைக் கீழ் நோக்கி, அதைப் போல் ஐந்து மடங்கு தூரம் நீட்டுங்கள். அங்கே மிக மங்கலான சில நட்சத்திரங்களுக்கு நடுவிலே பிரகாசமான நட்சத்திரம் ஒன்று பளிச்சென்று தெரியும். அதுதான் துருவ நட்சத்திரம் (Pole star). இவ்வாறு வடதிசையைக் காட்டும் மீன்களாக அமை வதால், இவ்விரு மீன்களும் திசைகாட்டி (Pointers) என மாலுமி களால் அழைக்கப்பட்டன.

சப்தரிஷி மண்டலமும் துருவ நட்சத்திரமும் தோன்றும் இடத்தைக் குறித்துக்கொண்டு ஒரு மணி நேரத்துக்குப் பிறகு கவனியுங்கள். சப்தரிஷி மண்டலத்தின் நட்சத்திரங்கள் இடம் மாறியிருக்கும். ஆனால் துருவன் மட்டும் இடம் மாறாமல் காணும். அந்த ஏழு நட்சத்திரங்களும் ஒன்று போல துருவ நட்சத்திரத்தை நடு மையமாகக்கொண்டு ஒரு பெரிய வட்டத்தை வானத்தில் இடுவது போல நமக்குத் தோன்றும்.

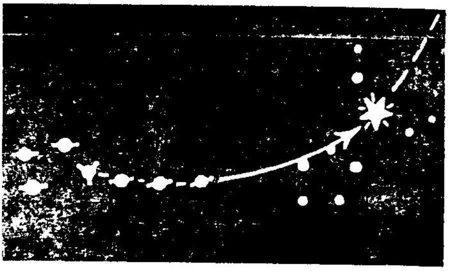
இந்து திருமணச் சடங்கின்போது, மணமகள் மணமகனை நோக்கி 'துருவனைப் போல் நீயும் என்றென்றும் மாறாத நிலையை உடையவனாக இருப்பாயாக' என்று சொல்லுகிறாள்.

இத் துருவ நட்சத்திரம் சென்னையில் தொடுவானத்துக்கு மேலே 13° உயரத்தில் தோன்றுகிறது.

சப்தரிஷி மண்டலத்தில் உள்ள நட்சத்திரங்களில் ஆறு இரண்டாம் தரத்தைச் சேர்ந்தவை. மற்றது மூன்றாம் தரத்தைச் சேர்ந்தது. துருவ நட்சத்திரம் இரண்டாம் தரத்தைச் சேர்ந்தது.

சப்தரிஷி மண்டலம் ராசிச் சக்கரத்தைச் சேர்ந்தது அல்ல. பெருங்கரடி மண்டலத்திற்கு வடக்கே சிறுகரடி (the Small bear-Ursa minor) நட்சத்திர மண்டலம் உள்ளது. இக்கரடி வால் முனையில் துருவ நட்சத்திரம் இருக்கிறது. இவ்விரண்டு மண்டலங்களுக்கு இடையே, டிராகே (The Dragon—வேதாளம்) நட்சத்திர மண்டலத்தைக் காண்க.

சுவாதி (Arctorus) : சப்தரிஷி மண்டலம் துருவனைக் கண்டு பிடிக்க உதவியது. அதேபோல, அந்த சப்தரிஷி மண்டலத்தைக் கொண்டு வேறு சில பிரகாசமான நட்சத்திரங்களையும் அடையாளம் கண்டுகொள்ளலாம்.

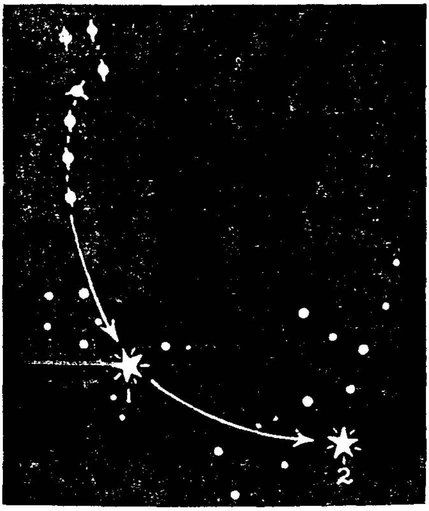


படம் 7–37

சுவாதியைக் கண்டுபிடித்தல்

சப்தரிஷி மண்டலத்தின் வளைந்த பிடியை அதன் வளைவுப் படியே நீட்டிக்கொண்டு போனால், அந்த வளைவின் நீளத்தைப் போல் சுமார் மூன்று மடங்கு தூரத்தில் நடுவானத்தில் சற்றே வடக்காக மிகப்பிரகாசமான நட்சத்திரம் ஒன்று காணப் படும். இது மணி போன்றது. சற்றே செந்நிறமானது. இது தான் ‘ சுவாதி ’ (Arctorus). இது ஒரு முதல்தர நட்சத்திரம். இது பூட்டஸ், ஆடு மேய்ப்பவன் (Herdsman) மண்டலத்தைச் சார்ந்தது. இது நம்முடைய கண்களுக்கு ஒரு புள்ளியைப்போல் தோன்றிய போதிலும், உண்மையில் மிகமிகப் பெரிய அளவு உடையது. இதன் பிம்பத்தின் விட்டம் நமது சூரிய பிம்பத்தின்

விட்டத்தை விட முப்பது மடங்கு பெரிது. இதன் குறுக்களவைப் பேராசிரியர் மிகல்சன் 19 கோடி மைல் எனக் கணக்கிட்டுள்ளார். இது நம்மிடமிருந்து வெகு தொலைவில் இருப்பதால்தான் இது ஒரு புள்ளியைப்போல் தோன்றுகிறது. இதன் தோற்ற ஒளித் தரம் ·24 ஆகும். சூரியனைவிட மிகவும் பெரிய நட்சத்திரங்கள் எத்தனையோ இருக்கின்றன, சுவாதி, உரோகிணி, திருவாதிரை கேட்டை முதலியன அப்படிப்பட்ட மிகப் பெரிய நட்சத்திரங்கள்.



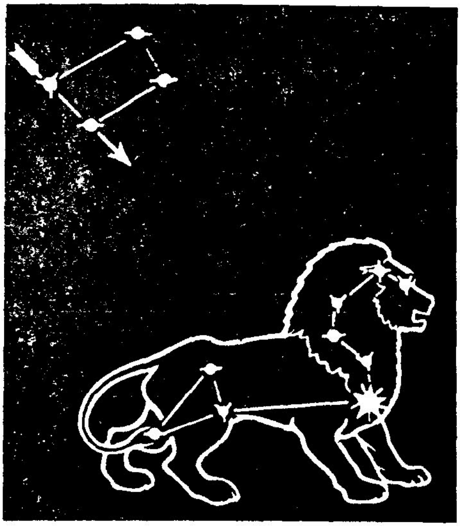
படம் 7-38

1 என்று இலக்கம் இட்ட சுவாதிக்குப் பின்
2 என்று இலக்கம் இட்ட சித்திரையைக் கண்டுபிடித்தல்

சித்திரை (Spica) : வால் கிண்ணத்தின் பிடியின் வளைவை சுவாதி அடைந்த பின்பும், அதேபோக்கில் அந்த வளைவுக் கோட்டை நீட்டிக்கொண்டு போனால், ஏறக்குறைய அதே தூரத்தில் இன்னும் ஒரு மிகப் பிரகாசமான நட்சத்திரத்தை வந்து அடைவோம். இது நடு வானத்தில் சற்றே தென்புறமாக உள்ளது. இதுதான் 'சித்திரை.' இதுவும் ஒரு முதல்தர நட்சத்திரம். இது கன்னி (Virgo) இராசியில் உள்ள முக்கிய நட்சத்திரம். இதன் தோற்ற ஒளித்தரம் 1·21 ஆகும். இது ஓர் இணை விண்மீன் வகுப்பைச் சேர்ந்தது.

சித்திரைக்குச் சற்றுத் தென்மேற்குப் பாகத்தில் மூன்றாம்தர மீன்கள் ஐந்து சேர்ந்து 'கைத்தலம்' போலக் காட்சி அளிப்பது 'அஸ்தம்' (Corvus) அல்லது 'ஐவிரல்' எனும் மீன் கூட்டம் ஆகும்.

மகம் (Regulus): வால் கிண்ணத்தின் ஒரு பக்கமாக அமைந்த இரண்டு நட்சத்திரங்களை ஒரு நேர்கோட்டினால் இணைத்து அதை நேர்வடக்கே கீழ்ப்புறமாக நீட்டி துருவ நட்சத்திரத்தைக் கண்டுபிடித்தோம். அந்த நேர்கோட்டை எதிர்ப்புறமாக உச்சியை நோக்கி நீட்டினால் இப்போது உச்சி வானத்தில்



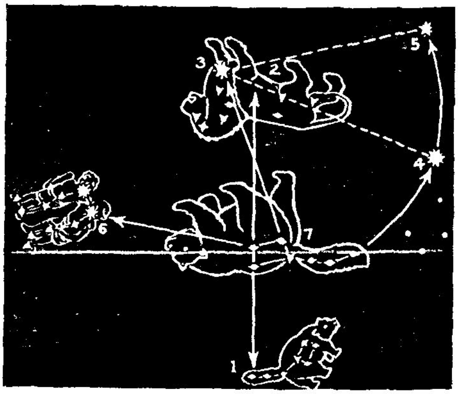
படம் 7-39

மகத்தைக் கண்டுபிடித்தல்

உள்ள சிம்ம ராசியின் நடுப் பகுதியை அடைவோம். அந்த நேர்கோடு தொடும் இடத்துக்குச் சற்றே மேற்காக முதல் தரத்தைச் சேர்ந்த நட்சத்திரம் ஒன்று தெரியும். அதுதான் 'மகம்' (Regulus).

இதை மற்றொரு வகையிலும் சுட்டிக்காட்டலாம். வால் கிண்ணத்தின் மற்றொரு பக்கமாக உள்ள இரண்டு நட்சத்திரங் களை ஒரு நேர்கோட்டினால் சேர்த்து அந்த நேர்கோட்டை நடுவானத்துப் பக்கமாக நீட்டினால், அதுவும் மகத்தை வந்து அடையும். இந்த இரண்டு முறைகளையும் பின்பற்றி நாம் கண்டு பிடித்தது 'மகம்' தான் என முடிவு செய்யலாம். இதன் தோற்ற ஒளித்தரம் 1·34 ஆகும்.

சிங்கம் (Leo) : மகமும், இன்னும் மூன்று மீன்களும் சேர்ந்து அம்மி போலப் பக்கம் சாய்ந்த தோற்றம் என நம் நாட்டினர் கூறுவர். இவற்றுடன் மேலும் சில விண்மீன்களைச் சேர்த்து சிங்கம் எனும் விண்மீன் கூட்டம் (Leo constellation) என மேனாட்டார் கூறுவர். சிங்கத்தின் வால் முனையில் உள்ள மீன் உத்திரம்(டினோபோலா) ஆகும்.



படம் 7–40

1. துருவன், 2. சிம்ம இராசி, 3. மகம், 4. சுவாதி, 5. சித்திரை, 6. மிதுன இராசி (காஸ்டர், பாலக்ஸ்), 7. சப்தரிஷி மண்டலம்

வேட்டை நாய் (The Hunting Dog), கானஸ் வீனடீஸி (Canes Venataci) : அர்ஸா மேஜருக்குத் தெற்கேயும், சிம்ம ராசிக்கு வடகிழக்காகவும் வேட்டை நாய் மண்டலம் உள்ளது. வெற்றுக் கண்களால் இரண்டு நட்சத்திரங்களையே காணக்கூடும். இவற்றிற்கு α-சாரா (Chara), β-ஆஸ்டிரியன் (Asterion) என்ற வேட்டை நாய் பெயர்கள் இடப்பட்டுள்ளன. இதில் ஒளிமிக்க α ஓர் இரண்டாம்தர இரட்டை நட்சத்திரமாகும். α-சாராவுக்கு சார்லஸ் இருதயம் (Charle's Heart) என மற்றொரு பெயரும் உண்டு.

இம் மண்டலத்தில் பெரு நீர்ச்சுழி (The whirl pool) என்ற ஒரு நெபுலமும் உண்டு.

கோமா பெரனீஸஸ் (Coma Berenices) : சுவாதி நட்சத்திரமுள்ள பூட்ஸ் மீன் மண்டலத்திற்கு மேற்கே இந்த நட்சத்திர

மண்டலம் உள்ளது. இது ஒரு நட்சத்திர முடிச்சு. ஆகவே இதற்கு பெரனிஸ் தலை முடி (Hair of Berenices) என்று பெயர். இம் மண்டலத்தில் பல நெபுலங்கள் உள்ளன.

கார்வஸ் : கன்னி ராசிக்கு (Virgo) தெற்கே ஒரு நாற்கரமாக அமைந்திருக்கும் நட்சத்திர மீன் மண்டலத்தைக் காணலாம். அது காகம் (Corvus—crow) என்ற நட்சத்திர மண்டலமாகும். இதில் அஸ்தம் (டெல்டா கார்வி) என்பது முக்கிய நட்சத்திரம். இவை ‘ கைத்தலம் ’ போலும் காட்சி அளிப்பதால், இந்த மீன் கூட்டத்தை நம் முன்னோர்கள் ‘அத்தம்’ எனப் பெயரிட்டனர்.

கிரேடர் (Crater) : இதையடுத்து முக்கோண வடிவத்தில் அமைந்துள்ள 3 நட்சத்திரங்கள் ஒரு பள்ளத்தைப்போல் காட்சியளிப்பதால், அவை ‘ கிரேடர் ’ (Crater) என்னும் மீன் கூட்டம் என அழைக்கப்படுகிறது.

நீர்ப்பாம்பு (ஹைட்ரா—Hydra) : கிரேடர் மீன் கூட்டத்தை அடுத்து ஹைட்ரா என்ற நட்சத்திர மண்டலம் உள்ளது. இது மிக நீளமானது. இதில் முக்கியமான நட்சத்திரம் α-ஹைட்ரே என்ற இரண்டாம் தர நட்சத்திரம்.

தென்சிலுவை (The Southern Cross—Crux) : தெற்கு அடிவானத்தில் தென்சிலுவை இருப்பதைக் காணலாம். இம் மண்டலத்தில் உள்ள முக்கியமான நான்கு நட்சத்திரங்கள் ஒரு சிலுவையைப் போல் இருப்பதைக் காணலாம். இதில் α-கிரக்ஸ் (α-crucis) ஒரு முதல்தர முக்கூட்டு நட்சத்திரமாகும். இதை நம் முன்னோர்கள் ‘விசுவாமித்திரர்’ எனப் பெயரிட்டுள்ளனர். ஒரு பெரிய இருண்ட நெபுலம் தென்சிலுவை மீன் மண்டலத்திற்கு அருகில் உள்ளது. இது வெற்றுக் கண்ணாலே பார்த்தாலே ஒரு பெரிய கரி முகில் போல் பால் வழியில் காணப்படும். இதற்குக் கரி சாக்கு (Coal sack) எனப் பெயர்.

சென்டாரஸ் (The Centaurus) திரிசங்கு : தென் சிலுவையை ஒட்டி கிழக்கே சென்டாரஸ் மண்டலம் உள்ளது. இதில் 10-க்கு மேற்பட்ட நட்சத்திரங்கள் உள்ளன. இதில் α-சென்டாரி (α-Centauri—திரிசங்கு) என்ற நட்சத்திரமும், β-சென்டாரி (β-centauri) என்ற நட்சத்திரமும் முதல் தர விண்மீன்களாகும். இதில் α-சென்டாரி (α-centauri—திரிசங்கு) பிரசித்தி பெற்றது. ஒளிமிக்க நட்சத்திரங்களில் நம் பூமிக்கு அருகில் உள்ளது இதுவே. இது 4·3 ஒளியாண்டுகள் தூரத்தில் உள்ளது. இதன் தோற்ற ஒளித்தரம் +·06.

தென்சிலுவையின் மேல் நட்சத்திரத்தையும் கீழ் நட்சத்திரத்தையும் இணைத்து அந்த நேர்கோட்டை இன்னும் தெற்கே நீட்டினால், அது தென் துருவத்தை அடையும். வட துருவத்தைச் சுட்டும் நட்சத்திரங்களைப் போல், இவை தென் துருவத்தைச் சுட்டும் நட்சத்திரங்கள். ஆனால் வடதுருவத்தில் துருவன் என்னும் நட்சத்திரம் இருப்பதுபோல் தென் துருவத்தில் ஒரு நட்சத்திரமும் இல்லை. வட கோளத்தில் எவ்வாறு சப்தரிஷி மண்டலம் திசை காட்டியாக அமைகிறதோ, அதேபோல் தென் கோளத்தில் திரிசங்கு மாலுமிகளுக்கு உதவுகிறது. (பூமியின் பூமத்திய ரேகைக்கு வடக்காக உள்ள நாம் தென் துருவத்தைக் காண முடியாது. அது தென் திசையில் தொடுவானத்திற்குக் கீழாக உள்ளது.) திரிசங்குவும், சென்டாரிக் கூட்டமும் இராசிச் சக்கரத்தைச் சேர்ந்த விண்மீன் கூட்டங்கள் அல்ல. இவை பால் வழியில் அமைந்துள்ளன.

படம் 7-41

பெர்ஸியஸ் : பெர்ஸியஸ் மண்டலம் ஒரு கிரேக்க வீரன் பெயர் கொண்டது. இதில் மூன்று முக்கிய நட்சத்திரங்கள் ஒரு சமபக்க முக்கோணமாக அமைந்திருப்பதைக் காணலாம். அல்கால் (β-Persei) என்ற நட்சத்திரம் ஒளிமாறும் இரட்டை நட்சத்திரமாகும். இது பரணி நட்சத்திரக் கூட்டத்தில் உள்ளது. இது ஒளி மாறுவதை அராபியர்கள் கண்டறிந்து இதற்குப் பிசாசு அல்லது பேய் என்னும் பொருள்படும் ‘ அல்கால் ’ (Demon star) எனப் பெயரிட்டனர். கிரேக்கர்கள் இதை மெடுசா (Medusa) என்னும் ஓர் அரக்கியின் கண்கள் என்றனர். இது ஒளி மாறும் காலம் 3 நாட்களாகும். இது ஒளி மாறுவதற்குக் காரணம், இது ஓர் இரட்டை விண்மீனாகும். அவற்றுள் ஒன்றின் ஒளி மிகக் குறைவு. அது ஒளியுள்ளதைச் சுற்றி வந்து மறைக்கும்போது ஒளி மங்குகிறதெனக் கண்டறிந்தனர். இத்தகைய ஒளி மாறிடும் இணை மீன்கள் மறைவுபடும் இணை விண்மீன்கள் (Eclipsing Binaries) எனப்படும்.

பெர்சியஸ் மீன்மண்டலம் வடமேற்கு வானத்தில் ஏப்ரல் மாதம் முதல் தேதி 10 மணிக்கு மறையும்தறுவாயில் காணப்படுகிறது. இந்தக் கிரேக்க வீரனின் கதையை இலையுதிர்கால இரவு வானத்தைக் காணும்போது மேலும் தொடருவோம்.

ஆரிகா (Auriga): பெர்சியஸ் மீன் மண்டலத்திற்குத் தெற்கே ஆரிகா (தேரோட்டி—Charioteer) மீன் மண்டலத்தைக் காணலாம். இது ரிஷப ராசிக்கும் (Taurus) மிதுன ராசிக்கும் (Gemini) இடையே காணப்படுகிறது. இதில் காப்பெல்லா (பெண் ஆடு—Capella) என்ற ஒளிமிக்க நட்சத்திரத்தைக் காணலாம்.

கிருத்திகைக் கூட்டம் (Pleiades): ஆரிகா மண்டலத்திற்குச் சற்றுத் தென்மேற்காக மங்கலாகவும் வெண்புகை சூழ்ந்துள்ளது போலவும் ஆறு சிறு விண்மீன்களைக் காணலாம். இது கிருத்திகைக் கூட்டம் (Pleiades) எனப்படும். இது பார்ப்பதற்கு அழகான நட்சத்திரக் கூட்டமாகும். வெற்றுக் கண்களுக்கு 6 நட்சத்திரங்கள் தோன்றினும், சற்றுக் கூர்ந்து கவனித்தால் 14 நட்சத்திரங்களைக் காணலாம். ஒரு தொலைநோக்கியின் மூலம் ஆயிரக்கணக்கான நட்சத்திரங்களை இக் கூட்டத்தில் காணலாம். இதில் காணப்படும் மிகப் பிரகாசமான நட்சத்திரமே கிருத்திகை (Alcyone or Eta Tauri) ஆகும்.

வெற்றுக் கண்களுக்குப் புலப்படும் ஆறு விண்மீன்களைக் குமரக் கடவுளை வளர்த்த ஆறு கிருத்திகைப் பெண்களென நம் நாட்டுப் புராணக் கதைகள் கூறுகின்றன. இவை சூரியக் குமாரிகள் (Daughters of Apolo) எனக் கிரேக்கக் கதைகள் கூறுகின்றன.

இந்த நட்சத்திரக் கூட்டமும் ஏப்ரல் 1ஆம் தேதி 10 மணியளவில் மறையும் தறுவாயில் உள்ளன.

இந்நட்சத்திரக் கூட்டம் ரிடபம் (Taurus) மண்டலத்தைச் சார்ந்தது.

ஹையேட்ஸ் (Hyades): ரிடப ராசியில் இரண்டு முக்கிய மீன் மண்டலங்கள் அடங்கியுள்ளன. ஒன்று கிருத்திகைக் கூட்டம் (Pleiades), மற்றொன்று ரோகிணிக் கூட்டம் (Hyades). இம் மீன்கள் V என்ற வடிவத்தில் அமைகின்றன. இதை ரிடபத்தின் முகமெனக் கொண்டனர். Vயின் மேற்குக் காலில் சிவப்பாகத் திகழ்வது உரோகிணி (Aldebaran or Alpha Tauri) எனும் முதல்தர விண்மீனாகும். இதன் தோற்ற ஒளித்தரம் 1·06 ஆகும். ஆகவே முதல்தர ஒளி நட்சத்திரம் என்பதற்கு இதை எடுத்துக்காட்டாகக் கொள்ளலாம். இச்கூட்டமும் மறையும் தறுவாயில் உள்ளது.

மிதுன இராசி மண்டலம் : வால் கிண்ணத்தின் (பெருங்கரடி மண்டலத்தின்) அடிப்பக்கமுள்ள இரு நட்சத்திரங்களை இணைக்கும் கோட்டைக் கிழக்காக நீட்டினால் காஸ்டர், பாலக்கஸ் என்னும் மிதுன இராசியில் உள்ள இரு நட்சத்திரங்களைக் காணலாம். கிருத்திகைக் கூட்டத்திற்கும், ரோகிணி கூட்டத்திற்கும் கிழக்காக உச்சிக்குச் சற்று மேற்காக மிதுன ராசி மீன் மண்டலம் காணப்படுகிறது. இவற்றுள் மிகப் பிரகாசமான நட்சத்திரங்களான பூசம் (Castor, Alpha Geminorium), புனர்பூசம் (Pollux, Beta Geminorium) ஆகிய நட்சத்திரங்களுக்கு கிரேக்க எழுத்துகளைக் கொண்டு பெயரிடப்பட்டபோது, பூசம் (Castor), புனர்பூசத்தைவிட (Pollux) அதிக ஒளியுடன் விளங்கியது. ஆகையால் அதைக் குறிக்க α என்ற எழுத்துப் பயன்படுத்தப்பட்டது. ஆனால் இப்பொழுது அதன் ஒளி மங்கி புனர்பூசத்தைவிட மங்கலாகக் காணப்படுகிறது.

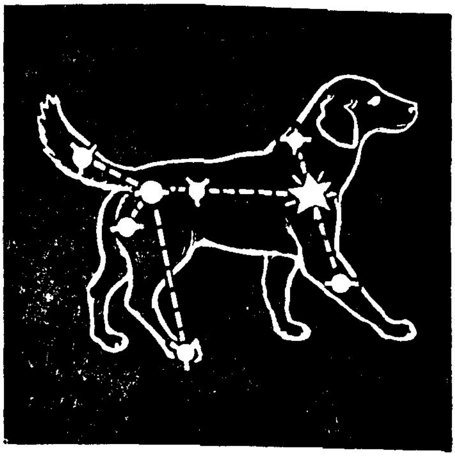
கடகம் (Cancer—the Crab): கடகராசி மீன் கூட்டம் உச்சியைக் கடந்து நடு வானத்திற்குச் சற்று மேற்கே காணப்படுகின்றன. இது சூரிய வீதியில் 4ஆவது மீன் மண்டலமாகும். இக் கூட்டத்தில் ஆயில்யம் (Alpha Canori or Acuberus) ஒரு நாலாம்தர இரட்டை நட்சத்திரமாகும்.

கிருத்திகைக் கூட்டத்திற்கு அடுத்தபடியாக வெற்றுக் கண்ணுக்குப் புலப்படும் நட்சத்திரக் கூட்டம் இதுவே. இதில் 363 நட்சத்திரங்கள் உள்ளன.

ஓரியன் (வேடுவன்) மீன்மண்டலம் : ரிஷப ராசி, மிதுன ராசி மண்டலங்களுக்குத் தெற்கே ஓரியன் மண்டலம் காணப்படும். வானத்தில் யாவரும் எளிதில் காணக்கூடிய விண்மீன் கூட்டம் ‘ஓரியன்’, வேட்டைக்காரன் நட்சத்திர மண்டலமாகும். நான்கு நட்சத்திரங்கள் ஒரு பெரிய செவ்வக வடிவில் அமைந்துள்ளன. இவற்றில் இரண்டு எதிர் மூலைகளில் உள்ளவை மிகப் பிரகாசமானவை. செவ்வகத்தின் நடுவே குறுக்காக மூன்று இரண்டாம் தர விண்மீன்கள் உள்ளன. செவ்வகத்தின் வட மூலைகளில் இரண்டினுள் கிழக்கு மூலை நட்சத்திரம் ‘திருவாதிரை’ (Betelgeuse—α-Orionis) ஆகும். இது ஒரு மிகப்பெரிய இராட்சத நட்சத்திரம். இது ஓரியனின் வலது தோள். இதற்கு நேர் எதிர் மூலையில் நீலநிறத்துடன் பிரகாசிப்பது ரீகல் (Rigel—β-Orionis) என்னும் நட்சத்திரம். ரீகல் ஓரியனின் இடது பாதம். இவை இரண்டும் முதல் ஒளித்தர மீன்களாகும். செவ்வகத்தின் குறுக்கே உள்ளே மூன்று மீன்கள் ஓரியன் என்னும் வேடனின் இடுப்புக் கச்சைப் (Orion's Belt) போல் தோற்றமளிக்கின்றன. கச்சைக்குக் கீழே மூன்று மங்கலான நட்சத்திரங்கள் காணப்படு

கின்றன. இவை ஓரியனின் உடைவாள் ஆகும். இவற்றுள் நடுவி லுள்ள நட்சத்திரத்தினருகே பெரிய ஓரியனின் நெபுலம் காணப் படுகிறது. இதைக் குதிரைத் தலை நெபுலம் என்பார்கள். இது மிக நேர்த்தியாகக் காட்சியளிக்கிறது. வடக்கேயுள்ள இரு நட்சத் திரங்களுக்கு நடுவே சற்று வடக்காகக் கண்கள் போல் காணப் படுவன ஓரியனின் தலை. இது ‘ மிருகசீரிடம் ’ (Lambda Orionis) எனப்படும். மான் தலை (மிருக சிரஸ்) என்றும் அழைக்கப்படும்.

பெருநாய் கணம் (Canis Major—the Greater Dog), சிறுநாய் கணம் (Canis Minor—the Lesser Dog): சற்றே தென்மேற்காகப் பார்த்தால் பெருநாய் கணத்தில், சிரியஸ் (Sirius) என்ற மிகப் பிரகாசமான நட்சத்திரம் உள்ளது.



படம் 7-42
பெருநாயும், சிரியசும்

இதுதான் வானத்தில் உள்ள நட்சத்திரங்களில் எல்லாம் மிகப் பிரகாசமாகத் தோன்றுகிறது. இதன் ஒளித்தரம் — 1·6 ஆகும். வான வில்லின் ஏழு நிறங்களையும் இந்நட்சத்திரம் வீசுகிறது. இதன் தூரம் 8·6 ஒளியாண்டுகள். இது ஓரியனுக்குத் தென்கிழக் காகக் காணப்படுகிறது. ஓரியனில் உள்ள திருவாதிரைக்கு நேர் கிழக்காகச் சிறுநாய் கணம் உள்ளது. இதில் மிகப் பிரகாசமான நட்சத்திரம் பிராசியன் (Proycyon) என்பது. இதுவும் ஒரு முதல் தர விண்மீன். இதன் தோற்ற ஒளித்தரம் 0·48 ஆகும். இது பூமியிலிருந்து 11·1 ஒளியாண்டு தூரத்தில் உள்ளது. சிரியசும், பிராசியனும் இரட்டை நட்சத்திரங்கள்.

பெருநாய் கணமும், சிறுநாய் கணமும் ஓரியன் என்னும் வேடுவனைப் பின் தொடர்ந்து செல்லும் நாய்கள் போல அமைந்துள்ளன.

வடக்கு

கிழக்கு

மேற்கு

தெற்கு

படம் 7-43

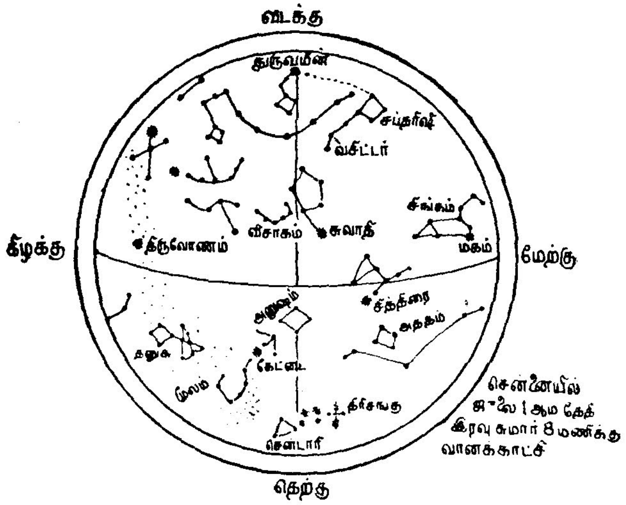
மே மாதத்து வானக் காட்சி—சுமார் 8½ மணிக்கு

இடையிட்ட மேல் கோட்டுக்கு மேல் உள்ளது வானத்தின் வடபகுதி. இரண்டு இடையிட்ட கோடுகளுக்கும் நடுவே உள்ளது வானத்தின் நடுப்பகுதி, இடையிட்ட கீழ்க்கோட்டுக்குக் கீழ் உள்ளது வானத்தின் தென் பகுதி 1. சப்த-ரிஷி மண்டலம், 2. சிறு கரடி மண்டலம், 3. மிதுன இராசி, 4. கடக இராசி. 5. சிம்மராசி, 6. கன்னி இராசி, 7. துலா ராசி 8. விருச்சிக இராசி. 9. புள்ளியிட்டதுபோல் தோன்றுவது ஆகாய கங்கை, 10. திரிசங்கு, (தென் சிலுவை) 11. அகஸ்தியர், 12. பெருநாய் கணம். 13. சிறுநாய் கணம். I. துருவன், II. III. புனர்பூசத்தில் இரண்டு (காஸ்டர், பாலக்ஸ்) IV. புரோசியன், V. மகம், VI. சித்திரை VII. சுவாதி, VIII கேட்டை, IX. X. XI தென்சிலுவை, XII. அகஸ்தியர், XIII. ஸிரியஸ்.

சிரியஸ், பிராசியன், திருவாதிரை என்ற மூன்று நட்சத்திரங்களும் ஒரு சமபக்க முக்கோண முனைகளாக அமைந்துள்ளது குறிப்பிடத்தக்கது.

அகத்தியன் (Canopus) : சிரியசைப் பார்த்த பின்னர் நேராகத் தெற்கே தொடுவானத்தருகே சிரியசைப் போன்று நீல ஒளியுடன் விளங்கும் மற்றொரு நட்சத்திரத்தைப் பார்க்கலாம். அது அகத்திய நட்சத்திரம் (Canopus) எனப்படும். இது ஒரு முதல்தர விண்மீன். வானத்தில் உள்ள எல்லா நட்சத்திரங்களிலும், பிரகாசத்தில் சிரியசுக்கு அடுத்தபடியாக இது இரண்டாம் இடம் பெறுகிறது. இதன் ஒளித்தரம் —0·86 ஆகும். இது கப்பல் (Argo) மீன் மண்டலத்தைச் சார்ந்தது.

25. முதுவேனிற்காலம் (சென்னையில் ஜூலை 1ஆம் தேதி இரவு 10 மணி—Summer Constellation)



படம் 7-44

வானத்தில் முதுவேனிற்காலக் காட்சி

இளவேனிற் காலத்தில் கண்டறிந்த மீன் மண்டலங்களில் பெர்சியஸ், டாரஸ், ஓரியன் முதலியன மறைந்துவிட்டன.

பெருங்கரடி மண்டலம், சிம்மராசி, கன்னிராசி, ஹைட்ரா முதலியன மேற்கு வானத்தில் காணப்படுகின்றன. சிறுகரடி மண்டலம், டிரேகோ, பூட்டஸ் மண்டலங்கள் உச்சி கடந்து கொண்டிருக்கின்றன. தெற்கே துலாம் ராசி மண்டல மீன்கள் உச்சி கடந்துகொண்டிருக்கின்றன.

துலாம் (Libra) : இது சூரிய வீதியில் 7ஆவது மீன் மண்டலம் ஆகும். இதில் குறிப்பிடத்தக்க நட்சத்திரம் விசாகம் (Iota Librae). இது உச்சியைக் கடந்துகொண்டிருக்கிறது. இன்னும் உச்சியைக் கடக்க இருக்கும் மீன்மண்டலங்களாவன : 1. வடமுடி (Corona Borealis), 2. பாம்பு தூக்கி (Ophiucus, the Serpent Bearer), 3. பாம்பு (Serpens), 4. விருச்சிகராசி. இவற்றைப் பற்றிய விவரங்கள் கீழே தரப்பட்டுள்ளன.

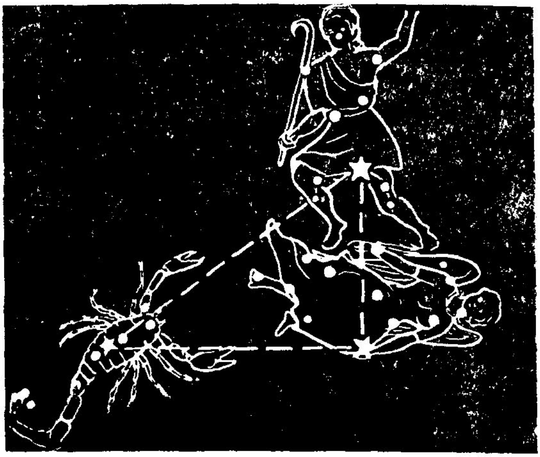
1. **வடமுடி** (Corona Borealis) : இது பூட்டஸ் மண்டலத்திற்குச் சற்று வடகிழக்காகக் காணப்படுகிறது. இந்த மீன் மண்டலம் ஒரு கிரீடம் போலக் காட்சியளிக்கிறது. இதற்கு வடமுடி (Corona Borealis, the Northern Crown) எனப் பெயர். இந்த மீன் மண்டலத்தில் 6 முக்கிய நட்சத்திரங்கள் உள்ளன. இவற்றுள் ஒன்று (Alpha) இரண்டாம் தர நட்சத்திரம். மற்றவை யாவும் நான்காம்தர நட்சத்திரமாகும்.

2. **பாம்பு தூக்கி** (Ophiucus, the Serpent Bearer): இது மேலே கூறிய, வடமுடிக்குக் கீழே காணப்படுகிறது. ஆபியூகஸ் ஒரு பெரிய மீன் மண்டலமாகும். இம்மண்டலத்தில் அநேக விண்மீன் கொத்துகளும் (clusters). மறைக்கும் மாறிகளும் (eclipsing variables) உள்ளன. ρ ஆபியூகஸ் பகுதியில் ஒரு பெரிய நெபுலம் இருக்கிறது.

3. **பாம்பு** (Serpens—the Serpent) : இது அநேக நட்சத்திரங்களைக் கொண்டு வளைந்த நீரோட்டம் போல் காட்சியளிக்கும் ஒரு மீன் மண்டலமாகும். இதில் குறிப்பிடத்தக்க நட்சத்திரம் ஏதுமில்லை.

4. **விருச்சிக ராசி** (Scorpio, Scorpion) : துலா ராசிக்கு அடுத்து அதற்குத் தென்கிழக்காகச் சூரிய வீதியில் உள்ள 8ஆவது மீன் மண்டலம் விருச்சிக ராசி மண்டலம். இது நட்சத்திரங்கள் நிரம்பிய மண்டலமாகும். பால் வழியில் அடர்த்தியான பகுதியில் இது காணப்படுகிறது. இதில் உள்ள பிரகாசமான நட்சத்திரம் செவ்வாயைப் போன்று செந்நிறமான ஒளியோடு விளங்கும் கேட்டை (Anteres) எனப்படும். (Anteres) என்பதற்குப் பொருள் (Ant–rival, Ares-Mars) செவ்வாய்க்குப் போட்டியாகத் திகழ்வது என்பதாகும். இது முதல்தர விண்மீனாகும். இதன் தோற்ற ஒளித்தரம் 1·22.

சுவாதியையும், சித்திரையையும் ஒரு நேர்கோட்டில் இணைத்து அந்த நேர் கோட்டுக்குச் செங்குத்தாகச் சித்திரையி லிருந்து கிழக்கு நோக்கி ஒரு நேர்கோட்டை இரண்டு மடங்கு



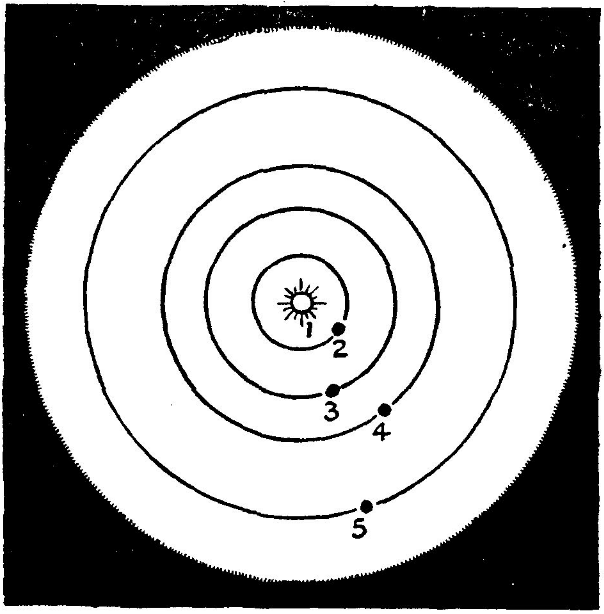
படம் 7-45

தூரம் வரைந்தால் அது கேட்டையை வந்தடையும். சுவாதி, சித்திரை, கேட்டை ஆகிய மூன்றும் ஒரு செங்கோணமாக அமைந் திருக்கும். கேட்டை மிகப் பெரிய நட்சத்திரம். சூரியனும், புதன், சுக்கிரன், பூமி. செவ்வாய் என்னும் கிரகங்கள் அதைச் சுற்றி ஓடிவரும் பாதையும் கேட்டையின் பிம்பத்துக்குள் அடங்கிவிடும். இதன் குறுக்களவு 40 கோடி மைல்கள். இது ஒரு தொலை நோக்கி இரட்டை நட்சத்திரம் (Telescopic binary). கேட்டை 'α-Scorpii' என்று குறிப்பிடப்படுகிறது β-Scorpii என்பது வெட் டொளி இரட்டை மீனாகு (ம்Spectroscopic binary). விருச்சிக ராசியில் உள்ள இதர முக்கிய நட்சத்திரங்கள் அனுஷமும், மூலமும் ஆகும், அனுஷம் (Delta Scorpii) ஒரு முக்கூட்டு நட்சத்திரம், மூலம்(Lambda Scorpii) ஒரு மூன்றாம் தர நட்சத்திர மாகும்.

விருச்சிக ராசியிலும் அதைச் சூழ்ந்தும் ஒளி பொருந்திய நெபுலங்களும், கரும் நெபுலங்களும் உள்ளன.

தனுசு (Sagittarus, the Archer) : இந்த மீன் மண்டலம் விருச்சிக ராசிக்குக் கிழக்காகக் காணப்படுகிறது. கதிரவன் வீதி யில் இது 9ஆவது மீன் மண்டலமாகும். இந்த நட்சத்திர மண்ட லத்தின் முக்கியமான 8 நட்சத்திரங்கள் இரண்டு நாற்கரங்களாக

அமைகின்றன. பூராடம் (Delta Sagittarii), உத்திராடம் (Sigma Sagittarii) என்பன இந்த மீன் மண்டலத்தைச் சார்ந்த மூன்றாம் தர விண்மீன்களாகும். தனுர் ராசியில் நட்சத்திரக் கொத்துகளும் (Clusters) நெபுலங்களும் அதிகமாகக் காணப்படுகின்றன. குறிப்பாக இதில் உள்ள 'முப்பிளவு' நெபுலா பிரசித்திபெற்றது.



படம் 7-46
கேட்டையின் பிம்பம்

வெண்மையாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது கேட்டையின் பிம்பம். அதன் உள்ளே சூரியனும் (1), புதனும் (2), சுக்கிரனும் (3), பூமியும் (4), செவ்வாயும் (5), இவற்றின் அயன வீதிகளும் அடங்குகின்றன.

ஹெர்குலிஸ் மீன்மண்டலம் : வடமுடிக்குக் (Corona Borealis) கிழக்காகவும், தனுர் ராசிக்கு வடக்காகவும், ஹெர்குலிஸ் நட்சத்திர மண்டலம் காணப்படுகிறது. இதில் மிகப்பிரகாசமான நட்சத்திரம் ரசல்கெடி (Rasalgeti) என்பது ஓர் அழகான இரட்டை நட்சத்திரமாகும். அது ஒரு நெறியற்ற மாறியும் கூட (irregular variable). 'ղ' ஹெர்குலிஸ் அருகில் மெசைர் 13 (Messier 13) என்னும் கோளவடிவ நட்சத்திரக் கொத்து (globular cluster) காணப்படுகிறது. முதுவேனிற்காலத்தில் ஜுன் 15ஆம் தேதி இரவு 10 மணியளவில் ஹெர்குலிஸ் மண்டலம் கிழக்கு வானத்தில் காட்சியளிக்கும்.

லைரா மீன்மண்டலம் : இந்த மீன்மண்டலம், ஹெர்குலிஸ் மண்டலத்திற்குக் கிழக்காகவும், பால்வழிக்குச் சற்று மேற்காகவும் காணப்படுகிறது. இதில் முக்கியமான நட்சத்திரம் அபிஜித் (Vega—α-Lyre) என்னும் நீல ஒளியுடைய வெள்ளை நட்சத்திரம். இது வட வானில் மிகப் பிரகாசம் பொருந்திய முதல் தர நட்சத்திரம். இதன் ஒளித்தரம் ·14 ஆகும். இந்த மீன் மண்டலத்தில் உள்ள டெல்டா லைரா என்னும் நட்சத்திரத்தை நோக்கி செகண்டுக்கு 12 மைல் வீதம் சூரியன் தனது கோள்களுடன் சென்றுகொண்டிருக்கிறது என்பது குறிப்பிடத் தக்கதாகும். முதுவேனிற்கால இரவு வானத்தில், ஜூன் 15ஆம் தேதி இரவு 10 மணியளவில் அன்னம் (Cygnus, the Swan), கழுகு (Aquila, the Eagle), மகரம் ஆகிய நட்சத்திர மண்டலங் கள் கீழ் வானத்தில் உதயமாகிக்கொண்டு காட்சிக்கு வந்து கொண்டிருக்கின்றன. இவற்றை இங்கு விவரிப்போம்.

அன்னம் (Cygnus, the Swan) : இந்த மீன் மண்டலம் வட சிலுவை (Northern cross) எனவும் அழைக்கப்படும். இந்த மீன் மண்டலம் பால்வழியில் மிகவும் எடுப்பாகவும் பிரகாசமாகவும் காணப்படும். இதில் முக்கியமான நட்சத்திரம் 61 சிக்னி (61 Cygni) என்பதாகும். நட்சத்திர தூரங்களைக் காணும்போது 61 சிக்னி யின் தூரம்தான் முதலில் கணக்கிடப்பட்டது. மேலும் இது ஓர் இரட்டை நட்சத்திரமாகும். வெட்டவெளியில் அதிவேகமாக நகருகிறது. அதன் வேகம் செகண்டுக்கு 51 மைல்கள் ஆகும். α-சிக்னி ஒரு முதல்தர விண்மீனாகும். இது டெனப் (Deneb) என்று அழைக்கப்படும். இதன் ஒளித்தரம் 1·33.

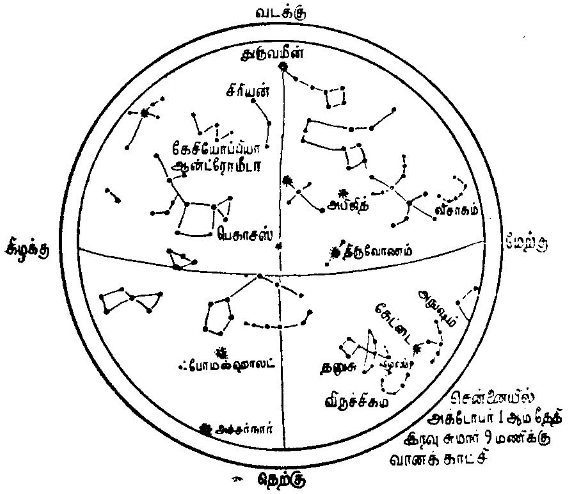
கழுகு (Aquila) : பால்வழியின் வழியே தெற்கே கண்ணுற் றால் கழுகு (Aquila) என்ற மீன் மண்டலத்தை அடைவோம். இதிலுள்ள மீன்கள் ஒரு நேர்கோட்டில் அமைந்து லைரா மீன் மண்டலத்திலுள்ள 'வேகா'வை நோக்கி இருக்கின்றன. இதில் திருவோணம் (சிரவணம்—Altair) என்னும் ஒரு முதல் தர விண் மீன் உள்ளது. இதன் ஒளித்தரம் ·9 ஆகும்.

மகரம் (Capricornus—the Sea Goat): இது நடுவரைக்குத் தெற்கே உதயமாகிக்கொண்டிருக்கிறது. இது இராசிச் சக்கரத் தில் 10ஆவது மீன்மண்டலமாகும். இது கழுகு மண்டலத்திற்குத் தெற்காகவும், தனுசு ராசிக்குக் கிழக்காகவும் காணப்படுகிறது. இதில் α-நட்சத்திரம் அகன்ற இரட்டை நட்சத்திரம். நிறமாலை காட்டியின் (Spectroscope) மூலம் பார்த்தால், இதில் ஒரு

பகுதியே இரட்டை நட்சத்திரம் என்றும் மற்றொரு பகுதி முக்கூட்டு நட்சத்திரம் என்றும் தெரியவருகிறது. இந்த மீன் மண்டலத்தில் இரு நட்சத்திரக் கொத்துகள் இருக்கின்றன.

26. இலையுதிர்கால மீன்மண்டலங்கள் (Autumn constellations)

முதுவேனிற் காலக்காட்சி படத்தில் கிழக்கே இருந்த நட்சத்திர மண்டலங்கள் இப்போது மேற்கு வானத்தில் காணப் படுகின்றன. புதிதாகக் கண்ணுறும் நட்சத்திர மண்டலங்களின் விவரங்கள் கீழே தரப்பட்டுள்ளன.



படம் 7-47

இலையுதிர்கால இரவு வானம்—அக்டோபர் 1 ஆம் தேதி

கடற்பிராணி (Dolphinus—the Dolphin): இது உச்சிவரையைக் கடந்துள்ளது. இது கழுகு மண்டலத்திற்கு (Aquila) வட கிழக்காகவும், சிக்னஸ் கூட்டத்திற்குத் தெற்காகவும் உள்ளது. இதில் உள்ள முக்கிய நட்சத்திரங்கள் எல்லாம் சாய்வு சதுரம் போல் அமைந்துள்ளன. இந்த மண்டலத்தில் அவிட்டம் (Alpha Delphini) ஓர் அகன்ற இரட்டை மீனாகும்.

வடக்கே சிபியஸ், பெர்சியஸ், காசியோபியா, ஆண்டிரமீடா, பைகாஸஸ் ஆகிய நட்சத்திர மண்டலங்கள் உதயமாகியுள்ளன. இவற்றைப்பற்றிய விவரங்கள் அடுத்துத் தரப்பட்டுள்ளன.

சிபியஸ் : இந்த மீன்கூட்டம் சிக்னஸ் என்ற மீன் கூட்டத்திற்கு வடகிழக்காக உள்ளது. இந்த மீன் மண்டலத்தின் பெரும் பகுதி பால்வழியில் மூழ்கி உள்ளது. டெல்டா சிபியஸ் ஒரு மாறி விண்மீன். இதர மாறிகளை ஒப்பிட இது ஓர் அளவுகோலாகக் கொள்ளப்படுகிறது. இத்தகைய விண்மீன்கள் செஃபீட் ஒளி மாறு மீன்கள் (Cepheid variables) எனப்படும்.

பெகாசஸ் (Pegasus, the Winged horse) : இந்த மீன் மண்டலத்தை இதில் உள்ள பெரிய சதுரத்தைக் கொண்டு அடையாளம் காணலாம். பூரட்டாதி (Alpha Pegasi) சதுரத்தின் கீழ் முனையில் உள்ளது.

ஆண்ட்ரோமீடா : இந்த மீன் மண்டலம் பெகாசஸ் மீன் மண்டலத்தை அடுத்துள்ளது. உண்மையில் உத்திரட்டாதி நட்சத்திரம் (Alpha Andromeda) என்பது பெகாசஸ் சதுரத்தில் மேல் இடது முனையாகும். ஆண்ட்ரோமீடாவில் உள்ள பெரு நெபுலம் ஒரு பிரசித்திபெற்ற கோள் நெபுலம் ஆகும்.

காசியோபியா (Cassiopeia—Lady in the Chair) : ஆண்ட்ரோமீடாவிற்கு வடக்கே காசியோபியா மீன் மண்டலம் உள்ளது. இது பால் வழியில் மிக்க நட்சத்திரங்கள் கொண்ட பகுதியில் மூழ்கியுள்ளது. அதனுடைய முக்கிய 5 நட்சத்திரங்கள் W என்னும் வடிவில் அமைந்துள்ளதைக் கொண்டு இதை எளிதில் அடையாளம் கண்டு கொள்ளலாம். டெல்டா காசியோபியா அருகில் ஒரு பிரசித்திபெற்ற நட்சத்திரக் கொத்து உள்ளது.

குறிப்பு : பெர்சியஸ், காசியோபியா, ஆண்ட்ரோமீடா, பெகாசஸ் என்னும் மீன்கூட்டங்களைப் பற்றி அரியணை அரசி என ஒரு கதையைக் கிரேக்கர்கள் கற்பனை செய்துள்ளனர்.

காசியோபியா என்னும் எதியோபியன் அரசி தன் மகள் ஆண்ட்ரோமீடாவின் அழகைப்பற்றி மிகவும் பெருமையும் கர்வமும் கொண்டிருந்தாள். இது தேவதைகளுக்குக் கோபத்தை மூட்டியது. ஆண்ட்ரோமீடாவின் தந்தை சிபியஸ் (Cepheus) இதனால் பயம் கொண்டு ஆண்டிரோமீடாவைக் கடலில் ஒரு பாறையில் கட்டிக் காத்தார். சீடஸ் என்னும் கடல் அரக்கன் அவளை விழுங்க ஓடினான். இதைக் கண்ட பெர்சியஸ் எனும் கிரேக்க வீரன் பெகாசஸ் என்னும் இறக்கை பொருந்திய குதிரைமீது வந்து சீடசை ஒரு கல்லாக மாற்றி, ஆண்டிரோமீடாவைக் கட்டி இருந்த சங்கிலியை அறுத்து அவளைக் காப்பாற்றினான் என்பது ஒரு நேர்த்தியான கதை.

மேடராசி: மேடராசி கிழக்கில் உதயமாகிவிட்டது. இது இராசிச் சக்கரத்தில் உள்ள முதல் மீன் மண்டலமாகும். அசுவதி (Beta Arietis), பரணி (41 Arietis) ஆகியவை இம்மண்டலத்தின் முக்கிய நட்சத்திரங்களாகும்.

மீனராசி (Pisces, the Fish): மீனம் இராசிச் சக்கரத்தில் பன்னிரண்டாவது மீன் மண்டலமாகும். இது உதயமாகி பாதி வழியில் காட்சியளிக்கிறது. இதில் உள்ள முக்கிய நட்சத்திரங்கள் < அமைப்பில் (அதாவது V யை படுக்கையாக வைத்தாற்போல்) காணப்படுவதால் இதை எளிதில் அடையாளம் கண்டு கொள்ளலாம். ரேவதி (Zeta Piscium) என்பது இதில் உள்ள முக்கிய நட்சத்திரம்.

சீடஸ் (Cetus) (திமிங்கலம்): இம் மீன்மண்டலம் உதயமாகி, மீன ராசிக்குத் தெற்கே காட்சியளிக்கிறது. ஓமிக்கிரான் சேடி (Omicron ceti) ஒரு நீண்டகால மாறியாகும். அதன் கால வட்டம் 331 நாட்கள் ஆகும். இதை மீரா (Mera, the wonderful) என்றும் குறிப்பிடுவார்கள். இந்தக் காலவட்டத்தில், அது இரண்டாம்தர ஒளி விண்மீனிலிருந்து 6ஆம்தர விண்மீனாக மாறுகிறது. பிறகு 5 மாதங்களுக்கு அது தென்படாமலே போய்விடுகிறது. இதன் பின்பு அது மெல்ல மெல்ல ஆரம்பத்தி லிருந்த பிரகாசத்தை அடைகிறது.

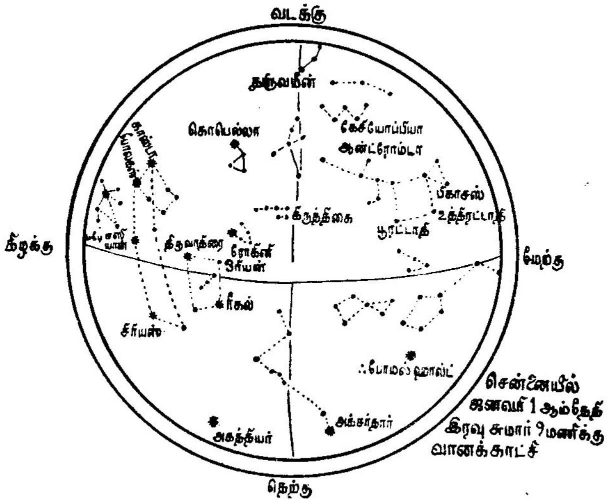
கும்பராசி (Aquarius, the Water Carrier): இது இராசிச் சக்ரத்தில் 11ஆவது மீன்மண்டலமாகும். இதன் முக்கிய நட்சத் திரங்கள் ஒரு நாற்கர வடிவம் கொண்டுள்ளன. சதய நட்சத் திரம் (Lambda Aquarii) ஒரு நாலாம்தர நட்சத்திரம் இந்த மண்டலத்தில் உள்ளது. இந்தக் கும்பராசி உச்சியை அணுகிக் கொண்டிருக்கிறது. மகரராசி (Capricornus) உச்சியைக் கடந்து கொண்டிருக்கிறது.

தென் மீன் (Pisces Australis, the Southern Fish): இந்த மீன்மண்டலம் கும்பராசிக்குத் தெற்காகவும் மகரராசிக்குத் தென் கிழக்காகவும் காணப்படுகிறது. இதில் உள்ள சிவந்த விண்மீன் போமல் ஹாட் (Fomal haut) மிகப்பளபளப்பாகக் காட்சியளிக் கிறது இது ஒரு முதல்தர விண்மீன். இதன் ஒளித்தரம் 1·29 ஆகும்.

27. குளிர்கால மீன் மண்டலங்கள் (Winter constellations)

இப்பொழுது காணப்படும் மீன்மண்டலங்கள் யாவும் முன்பே விவரிக்கப்பட்டுள்ளன.

முயல் (Lepus, the Hare), ஆறு (Eridanus, the River) ஆகிய மீன்மண்டலங்கள் உச்சியைக் கடந்துகொண்டிருக்கின்றன. இவை ஓரியனுக்குத் தென்மேற்காகக் காணப்படுகின்றன. முயல் (Lepus, the Hare) ஓர் ஒழுங்கற்ற நாற்கரமாகத் தோன்றுகிறது.



படம் 7-48

ஆறு (Eridanus, the River) வானவீதியில் ஒரு மிகப்பெரிய மீன் மண்டலமாகக் காட்சியளிக்கிறது. இதன் தென் முனையில் அசெர்னர் (Acherner, α·Eridani) என்னும் ஒரு முதல்தர விண் மீன் அமைந்துள்ளது. இதன் ஒளித்தரம் 0·60 ஆகும்.

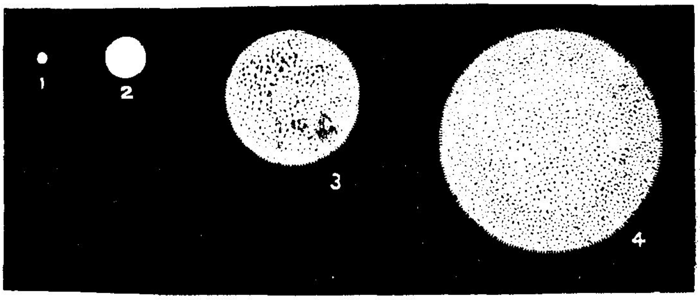
குறிப்பு: ஒரு பருவத்தில் பார்க்கக்கூடிய மீன்மண்டலங்கள் அதற்கு முன்னர் அல்லது பின்னர் வரும் பருவங்களிலும் காண லாம். ஆனால் மீன்மண்டலங்களைப் பார்ப்பதற்கு ஏற்ற பருவங் களையே நாம் குறிப்பிட்டுள்ளோம்.

28. விண்மீன்களின் இயல்பு

விண்மீன்களின் இயல்புகளை அவைகளிலிருந்து வரும் ஒளியை ஆராய்ந்து காண்கிறோம். எல்லா நட்சத்திரங் களும் மிகமிக வெப்பம் உடையவை. அவற்றின் மேல்பரப்பின் வெப்பத்தைவிட அவற்றின் உட்புறத்தி லுள்ள வெப்பம் மிகவும் அதிகம். அவற்றின் உட்புறத்திலே உள்ள வெப்பம் மேல்புறத்து வெப்பத்தைவிட ஆயிரம் மடங்கு அதிகமாக இருக்கலாம். விண்மீன்களின் வெப்பநிலை 4000°C லிருந்து 25,000°C வரை மாறுபடுவதாகத் தெரிகிறது.

திருவாதிரை, கேட்டை, உரோகிணி ஆகிய நட்சத்திரங்கள் மிகப் பெரியனவாய் இருக்கின்றன. இவை இராக்கத விண்மீன் கள் (Giant stars) எனப்படும். இவை இளம்பிராயத்து நட்சத்திரங்கள். நட்சத்திரங்களின் வயது அதிகரிக்கும்போது அவை மஞ்சள் நிறமாக மாறுகின்றன பிறகு வெண்ணிற மான குறள் நட்சத்திரங்களாக மாறுகின்றன. நமது சூரியன் ஒரு மஞ்சள் நிற நட்சத்திரம். அது நடுத்தரமான அளவுள்ளது. அது செந்நிற நட்சத்திரங்களைவிட உள்ளும் புறமும் அதிக வெப்பம் உள்ளது. நீல ஒளி வீசும் வெண்ணிற நட்சத்திரங்களை விடக் குறைந்த வெப்பம் உடையது.

நட்சத்திரங்களின் உட்புறத்தில் வெப்பம் மிகவும் அதிகமாக இருக்கிறது. அதுபோலவே அங்குள்ள அழுத்தமும் மிகவும் அதிகம். வெப்பமும், அழுத்தமும் மிகுந்த இந்த நிலையில் அங் குள்ள ஹைடிரஜன் வாயுவானது ஹீலியம் என்னும் மற்றொரு வாயுவாக மாறுகிறது. இப்படி அது உருமாறும்போது அந்த ஹைடிரஜனில் ஒரு பகுதி வெப்ப சக்தியாக மாறுகிறது. மிகச் சிறு அளவுள்ள ஹைடிரஜனும் வெப்ப சக்தியாக உரு மாறும் போது மிகமிக அதிகமான வெப்பமாக மாறுகிறது. இவ்வாறு ஒரு நட்சத்திரம் தன்னுடைய பொருளில் ஒரு பகுதியை வெப்பமாக மாற்றி வருவதால், அது கோடிக் கணக்கான ஆண்டுக் காலம் சூடாக இருந்து ஒளியை வீசி வருகிறது.



படம் 7-49

நட்சத்திர வகைகள் : 1. வெண்குறள், 2. சூரியன், 3. முதிர்ந்த நட்சத்திரம், 4. இராக்கத நட்சத்திரம் (இளையது).

ஆனால், ஒரு நிலையில் ஹைட்ரஜன் அணுக்களின் சிதைவு ஏற்படுவது சாத்தியமில்லாமல் போகும். எனவே வேறுவகை அணுக் கருக்களின் சிதைவு ஏற்படவேண்டும். தொடர்ந்து அவற் றின் நிறமும் மாறிக்கொண்டே வரும். முடிவில் அவை குள்ள

நட்சத்திரங்களாக மாறிவிடும். இந்நிலையில் அவற்றின் மூப்பு அதிகரித்து வெப்பநிலை திடீரென்று குறைய ஆரம்பிக்கும். அவை மரணத்தை நோக்கி வேகமாகச் சென்றுகொண்டிருக்கும். இறப்பதற்கு முன்னர் அவை மிகுந்த பிரகாசத்துடன் தோன்றும்; பிறகு அவை ஒளியையோ, வெப்பத்தையோ வீசுவதில்லை; அவை இறந்து போகின்றன. இவ்வாறு ஒரு நட்சத்திரத்தின் நிரம்பிய ஆயுட்காலம் 2000 கோடி ஆண்டுகள் எனச் சில வான ஆராய்ச்சியாளர் கூறுகின்றனர்.

29. நோவா (Novae)

நோவா என்ற நட்சத்திரங்கள் இந்த நிலையில்தான் இருக்கின்றன என்று கூறுகிறார்கள். இவை கண்ணுக்கும் புலப்படாமலேயே இருந்து திடீரென்று மிகுந்த பிரகாசத்துடன் தோன்றிச் சிறிது காலத்தில் மீண்டும் பிரகாசம் குன்றி வானத்திலிருந்து மறைந்துவிடுகின்றன. இத்தகைய விண்மீனுக்குப் புதுமீன் அல்லது ஒளிர்மீன் (Novum) எனப்பெயர். இத்தகைய காட்சி கி. மு. 134-ல் ஹிப்பார்க்கஸ் என்பவரால் காணப்பட்டதாம். கி.பி. 1572 நவம்பர் 7ஆம் தேதி திடீரென சோதியுடன் ஒரு விண்மீன் தோன்றியது. அதைப் பகலில் சூரிய வெளிச்சத்திலும் காண முடிந்தது. ஆனால் பதினாறு மாதங்களிலே ஒளி மங்கி மறைந்தது. இதற்கு 'Tycho Brahe's Nova' எனப்பெயரிடப்பட்டது. இதேபோல் 1604-ல் புது விண்மீன் தோன்றி வியாழனைப்போல் பிரகாசத்துடன் ஓராண்டு வானத்தில் காட்சியளித்து மறைந்தது. இதற்கு கெப்ளர் புதுமீன் எனப் பெயரிடப்பட்டது. இவ்வாறு பின்னர் பல புது மீன்கள் தோன்றி மறைந்துள்ளன.

30. இரட்டை நட்சத்திரங்கள் (Double stars)

பார்வைக்குத் தனித்த நட்சத்திரமாகத் தோன்றும் சில நட்சத்திரங்கள் உண்மையில் இரட்டை நட்சத்திரமாக இருப்பது தெரியவந்தது. இரட்டை நட்சத்திரங்கள் இருப்பதை முதன் முதலில் காட்டியவர் வில்லியம் ஹெர்ஷல் என்ற வான ஆராய்ச்சியாளர். சுமார் 700 இரட்டை நட்சத்திரங்கள் இருப்பதைத் தொலைநோக்கி மூலம் நிரூபித்துக் காட்டினார். போட்டோ படம் பிடிக்கும் முறை பிரபலமானவுடன் சுமார் 18,000 இரட்டை நட்சத்திரங்கள்வரை கண்டுபிடிக்கப்பட்டன.

வெற்றுக் கண்ணுக்கு ஒரு நட்சத்திரம்போல் தோன்றுவது, தொலைநோக்கியினுல் பார்க்கும்போது இரண்டு அல்லது மூன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட நட்சத்திரங்களின் தொகுதி அல்லது கூட்டு என்பது புலப்படும்.

போலாரிஸ் ஒரு முக்கூட்டு நட்சத்திரமாகும். காஸ்டர் ஒரு பல்கூட்டு விண்மீன் (Multiple star).

தொலைநோக்கி மூலம் காணும்போது இரண்டு நட்சத்திரங்கள் மிகநெருங்கி இருப்பதாகத் தோன்றினால் உடனே அவற்றை இரட்டை நட்சத்திரம் என்று முடிவு கட்டிவிட முடியாது. சூரியனும் சந்திரனும் சூரிய கிரகணத்தின்போது மிக நெருங்கி இருப்பதாகத் தொலைநோக்கியில் தோன்றும். ஆனால் உண்மையில் அவை வெகு தொலைவில் உள்ளன. ஆகவே ஒரு நட்சத்திரம் இணை நட்சத்திரமா என அறிவதற்கு அதைக் கூர்ந்து கவனிக்கவேண்டும்.

இணை நட்சத்திரங்களை அறிந்துகொள்ள இரு வழிகள் உள்ளன.

நட்சத்திரத்தை நன்கு கவனித்து ஒரு நட்சத்திரத்தைச்சுற்றி, மற்றொரு நட்சத்திரம் ஓடி வருகிறதா என்று தெரிந்துகொள்ள வேண்டும். ஒரு நட்சத்திரம் மட்டும் அல்லாமல் இரண்டும் ஒன்றையொன்று சுற்றிவரலாம். அதாவது இந்த இரண்டு நட்சத்திரங்களையும் இணைக்கும் கோட்டில் ஒரு புள்ளியை மையமாகக் கொண்டு இந்த இரண்டு நட்சத்திரங்களும் அவைகளிடையே உள்ள ஈர்ப்புச் சக்தியின் விளைவாகச் சிறுமிகள் தும்பி சுற்றுவதுபோல் வானவெளியில் சுழன்றுகொண்டிருக்கலாம். இத்தகைய விண்மீன்கள் இணைந்து சுழல்வதால் இணை விண்மீன்கள் (Double stars) எனப்படுகின்றன. சப்தரிஷி மண்டலத்தில் உள்ள வசிட்டர் (Mizar) எனும் விண்மீனருகே அருந்ததி (Alcor) எனும் விண்மீனிருப்பதை முன்னையோர்கள் கண்டிருந்தனர். ஆல்பா சென்டாரி எனும் விண்மீன் தெற்கே திரிசங்கு விண்மீன் கூட்டத்திற்கு (Southern Cross) அருகேயுள்ள முதல்தர விண்மீனாகும். இது ஓர் இணை விண்மீன் எனப் பதினேழாம் நூற்றாண்டில் கண்டனர். இந்த நட்சத்திர ஜோடிகளுக்கு இடையேயுள்ள தூரம் சூரியனுக்கும் யுரேனசுக்கும் இடையே உள்ளே தூரத்திற்குச் சற்று அதிகமானது என்று கணக்கிட்டுள்ளனர். நமக்கு அருகில் உள்ள இணை விண்மீன் இதுவே. இவைகளது சுழற்காலம் 79 ஆண்டுகள். இரட்டை நட்சத்திரங்களில் ஒன்று நல்ல பிரகாசத்துடன் விளங்கும். இதற்கு முதல் நட்சத்திரம் (Primary Star) என்று பெயர். இத்தகைய இரட்டை நட்சத்திரங்களுக்குச் சிறந்த எடுத்துக்காட்டு ஸிரியசும் அதன் கூட்டாளி நட்சத்திரமும் ஆகும். ஸிரியஸ் இரட்டை நட்சத்திரமாக இருப்பதை 1862ஆம் ஆண்டு ஆல்வான் கிளார்க் என்ற விஞ்ஞானி முதலில் கவனித்தார்.

1889ஆம் ஆண்டில் பிக்கரிங் (Pickering) என்ற விஞ்ஞானி மற்றொருவகை இரட்டை நட்சத்திரத்தைக் கண்டுபிடித்தார். இவர், நட்சத்திரங்களின் ஒளியை நிறமாலைமானி மூலம் சோதித்தபோது ஓர் அதிசயத்தைக் கண்டார். நிறமாலையில் தோன்றும் கோடுகள் சிலசமயம் இரட்டித்துத் தென்படுவதையும், மேலும் இக்கோடுகளின் இடைத்தூரம் கிரமப்படி அதிகரித்தும் குறைந்தும் வருவதையும் இவர் கண்டார். இத்தகைய நட்சத்திரம் இரட்டை நட்சத்திரமாக இருக்கவேண்டும் என்பதைத் தெரிவித்தார். இவ்வகை இரட்டை நட்சத்திரங்களுக்கு நிறமாலைமானி இரட்டை நட்சத்திரங்கள் (Spectroscopic Binaries) என்று பெயர். நிறமாலைமானி இரட்டை நட்சத்திர வகையைச் சேர்ந்ததே மிஸார் (Mizar) என்னும் இரட்டை நட்சத்திரம். முதலில் நாம் பார்த்த வகைக்குத் தொலைநோக்கி இரட்டை நட்சத்திரங்கள் (Telescopic Binaries) என்று பெயர்.

இவ்விருவகை இரட்டை நட்சத்திரங்களைத் தவிர மற்றொரு வகையும் இருப்பதை 1783ஆம் ஆண்டு குதிரிக் (Goodricke) என்ற விஞ்ஞானி காண்பித்தார். இவர் பரணி நாண்மீனில் உள்ள அல்கால் (Algol) என்னும் நட்சத்திரத்தைச் சோதித்த போது அதன் ஒளி அதிகரித்தும் குறைந்தும் வருவதைக் கவனித்தார். இது ஒளி மாறுவதற்குக் காரணம் இது ஓர் இரட்டை விண்மீன் எனவும், அவற்றுள் ஒன்று ஒளி மிகக்குறைவு எனவும், அது ஒளியுள்ளதைச் சுற்றிவந்து மறைக்கும்போது ஒளி மங்குகிறதெனவும் காரணம் கண்டறிந்தார். இது ஒளி மாறுவதை அராபியர்கள் கண்டறிந்து இதற்குப் 'பிசாசு விண்மீன்' எனப் பொருள்படும் 'அல்கால்' (Demon star) எனப்பெயரிட்டனர். கிரேக்கர்கள் இதை மெடுசா (Medusa) எனும் அரக்கியின் கண்கள் என்றனர். நம் நாட்டிலே இதற்கு மாயாவதி என்ற பெயர் இடப்பட்டிருக்கிறது. கண்ணை மூடித் திறப்பதுபோல் இது சுமார் மூன்று நாளைக்கு ஒரு முறை ஒளி குறைந்தும் ஒளி மிகுந்தும் காணப்படுகிறது. இத்தகைய ஒளி மாறிடும் இணைமீன்களுக்கு 'கிரகண இரட்டை நட்சத்திரங்கள்' அல்லது 'மறைவுபடும் இணைவிண்மீன்கள் (Eclipsing binaries) என்று பெயர் கொடுக்கப்பட்டது. இவைகளைக் 'கண் சிமிட்டும்' நட்சத்திரங்கள் என்றும் குறிப்பிடுகிறார்கள். இத்தகைய இரட்டை நட்சத்திரங்கள் பல இருப்பது தெரியவந்தது.

31. ஊசல் நட்சத்திரங்கள் (Pulsating stars)

நட்சத்திரங்களில் ஊசல் நட்சத்திரங்கள் என்று ஒருவகை உண்டு. இவற்றுக்கு ஸீபிடு (Cepheid) நட்சத்திரங்கள் என்றும் பெயர் உண்டு. இவ்வகையைச் சார்ந்த ஒளி மாறிடும் விண்மீன்கள் 'ஸீபியஸ்' எனும் விண்மீன் கூட்டத்தில் உள்ளன. இந்த விண்மீன் கூட்டம் சப்தரிஷி மண்டலம், காசியோபியா இவற்றிற்கிடையே இருக்கிறது. இவ்வகை விண்மீன்களின் பிரகாசம் ஒரே அளவாக இராமல் மிகுந்தும் குறைந்தும் மாறிவருவது தெரியவந்தது. இவ்வாறு பிரகாசம் குறைந்தும் மிகுந்தும் வருவது பெண்டுலத்தின் இயக்கத்தைப்போல் ஒரு கிரமப்படி ஏற்படுகிறது. இந்த நட்சத்திரங்கள் விரிந்து சுருங்கி வருவதனால் இவற்றின் ஒளியில் இத்தகைய மாறுபாடு ஏற்படுவதாகக் கூறுகிறார்கள். இந்த ஏற்றத் தாழ்வின் மீள்வெண் (frequency) எல்லா ஊசல் நட்சத்திரங்களுக்கும் ஒன்றாக அமைவதில்லை சில ஊசல் நட்சத்திரங்களில் இந்த ஏற்றத்தாழ்வு சிலமணி நேரத்திற்கு ஒரு முறை நடைபெறுகிறது. வேறு சில நட்சத்திரங்களுக்கு அவற்றின் பிரகாசம் ஒரு முறை ஏறி இறங்குவதற்கு ஒரு மாதகாலம் பிடிக்கிறது. இவ்வூசல் நட்சத்திரங்கள் இராட்சத வகுப்பைச் சேர்ந்தவை. இவற்றின் ஒளி தரும் திறன் அபாரமாக இருக்கிறது. இரண்டு நாளைக்கு ஒரு முறை ஏறி இறங்கும் ஓர் ஊசல் நட்சத்திரத்தின் ஒளி தரும் திறன் நமது சூரியனது ஒளி தரும் திறனை விட 260 மடங்கு அதிகமாக இருக்கிறது என அறிந்தார்கள்.

பால்வழிக்கு அப்பாலுள்ள நட்சத்திர மண்டலங்களின் தூரம் இவ் வூசல் நட்சத்திரங்களைக் கொண்டு அறியப்பட்டது. சாதாரண முறைகளைக் கொண்டு 500 ஒளியாண்டுகளுக்கு மேற்பட்ட தூரத்தை அளப்பது முடியாத காரியம். இதற்கும் அதிகமான தூரத்தை இவ் வூசல் நட்சத்திரங்களைக்கொண்டு எளிதாக அளந்துவிடலாம்.

32. நட்சத்திரக் கூட்டங்கள் (Star clusters)

நட்சத்திரக் கூட்டங்களிலும் பலவகை இருக்கின்றன. இவற்றை நகரும் கூட்டங்கள் (Moving clusters) என்றும், திறந்தவெளிக் கூட்டங்கள் (Open clusters) என்றும், கோள வடிவங்கொண்ட கூட்டங்கள் (Globular clusters) என்றும் மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

33. நகரும் கூட்டங்கள் (Moving clusters)

பெருங்கரடி மண்டலத்தில் உள்ள நட்சத்திரங்கள் ஒன்றாக இணைந்து வானவெளியில் நகர்வதைப் பார்த்திருப்பீர்கள். இது ஒரு நகரும் கூட்டம் எனலாம்.

கிருத்திகை (Pleiades) மற்றொரு நகரும் கூட்டமாகும். கிருத்திகை நட்சத்திரக் கூட்டத்தை வானவெளியில் எளிதில் கண்டுகொள்ளலாம்.

34. திறந்தவெளிக் கூட்டங்களும் கோள வடிவங்கொண்ட கூட்டங்களும்

திறந்தவெளிக் கூட்டங்களில் நூற்றுக்கணக்கான நட்சத்திரங்களும், கோள வடிவங்கொண்ட கூட்டங்களில் ஆயிரக்கணக்கான நட்சத்திரங்களும் தென்படுகின்றன. நமது பால்வழியில் சுமார் 300 திறந்தவெளிக் கூட்டங்களும், 100 கோள வடிவங்கொண்ட கூட்டங்களும் இருப்பதாக மதிப்பிட்டிருக்கிறார்கள். டாக்டர் ஷேப்லி (Dr. Shapley) என்ற விஞ்ஞானி இக் கூட்டங்களில் அமைந்துள்ள நட்சத்திரங்களின் இடைத்தூரங்களை ஓரளவுக்கு மதிப்பிட்டுக் காட்டியிருக்கிறார். இந்த நட்சத்திரக் கூட்டங்கள் பூமியிலிருந்து பல்வேறு தூரங்களில் இருக்கின்றன. பூமிக்கு மிக அண்மையில் உள்ள நட்சத்திரக் கூட்டம் 20,000 ஒளியாண்டு தூரத்திலும், பூமிக்கு வெகுதூரத்தில் உள்ள நட்சத்திரக் கூட்டம் 2 இலட்ச ஒளியாண்டு தூரத்திலும் இருக்கின்றன என்று மதிப்பீட்டிருக்கிறார்கள்.

நமது பால்வழிக்கு அப்பால் உள்ள நட்சத்திர மண்டலங்கள் இருக்கும் தூரங்களை எவ்வாறு மதிப்பிட்டார்கள் என்பதைக் கவனிப்போம். ஒரு நட்சத்திரத்திலிருந்து நாம் பெறும் ஒளி அதன் ஒளி தரும் திறனைப் பொறுத்தும், அது இருக்கும் தூரத்தைப் பொறுத்தும் அமைந்திருக்கும். ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையிலிருந்து இரண்டு மடங்கு அதிகமான தூரத்திற்கு ஒரு நட்சத்திரம் போவதாகக் கொள்வோம். இதனால், அதிலிருந்து நாம் பெறும் ஒளி முதலில் இருந்ததைவிட நாலில் ஒரு பங்குக்குக் குறைந்துவிடும். ஒரு நட்சத்திரத்தின் ஒளி தரும் திறனையும் அதனின்று நாம் பெறும் ஒளியின் மதிப்பையும் அறிவோமானால், அந்த நட்சத்திரம் இருக்கும் தூரத்தை நாம் கணக்கிட்டுத் தெரிந்துகொள்ளலாம்.

35. நமது அண்டம் (Galaxy)

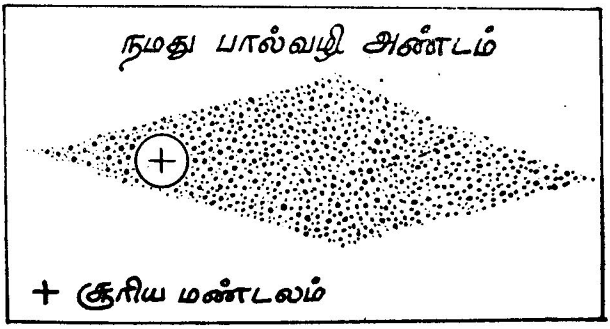
எண்ணிறந்த நட்சத்திரக் கூட்டங்கள் ஒன்றாகச் சேர்ந்து ஒன்றுபோலச் சுழன்று வருமானால் அந்தப் பெரும் தொகுதியை

ஓர் அண்டம் (Galaxy) என்று வானசாஸ்திரிகள் கூறுகிறார்கள். அதை நட்சத்திரக் கண்டம் என்றும் சொல்லலாம்.

நமது சூரியனும் கோள்களும் அமைந்துள்ள ஒளிப்பட்டை அல்லது பால்வழி இப்படிப்பட்ட ஓர் அண்டமாகும். இதை நமது அண்டமென்றும், ஆகாய கங்கை அண்டமென்றும் சொல்வதுண்டு.

நிலவு இல்லாத மேகமற்ற இரவில் வானத்தைப் பார்த்தால் ஆகாய கங்கை தெளிவாகத் தெரியும். நமது அண்டத்தில் சுமார் பதினாயிரம் கோடி நட்சத்திரங்கள் இருக்கின்றன. தொலை நோக்கியின் மூலமாகப் பார்த்தால் இவற்றுள் பலவற்றைத் தனித்தனியாகக் காணலாம். நமது சூரியனும் கோள்களும் சேர்ந்து சூரிய மண்டலம் என்பது இந்த அண்டத்தில் அடங்கியுள்ளது. இந்த அண்டத்தின் மிகமிகச் சிறிய பகுதியே அது.

இந்த அண்டம் ஒரு கண்ணாடி வில்லையைப்போல் அமைந்திருக்கிறது. ஓர் இட்டலி அல்லது பன் ரொட்டி வடிவம் கொண்டது என்று சொல்லலாம். நடுவில் சற்றே பருத்தும் விளிம்பு ஓரத்தில் சற்று மெலிந்தும் அது காணப்படுகிறது. இந்த வில்லையின் மையப் புள்ளிக்கு அருகே நமது சூரியன் அமைந்திருக்கிறது. சூரியனும், அதன் கிரகங்களும் உள்ள பகுதி படத்தில் குறிக்கப்பட்டிருக்கின்றது.



படம் 7-50

மையப் புள்ளியிலிருந்து சூரியன் சுமார் 30,000 ஒளியாண்டு தூரத்தில் இருப்பதாக மதிப்பிட்டிருக்கிறார்கள். இம் மண்டலத்தின் விட்டம் சுமார் 20,000 ஒளியாண்டு இருக்கும் என்று கூறுகிறார்கள். இதன் நீளம் 1,00,000 ஒளியாண்டுகள்.

இந்த அண்டம் முழுவதும் அதன் மையத்தை அச்சாகக் கொண்டு சுழன்றுகொண்டிருக்கிறது. நமது சூரிய மண்டலம் இந்த மையத்தைச் சுற்றி நொடிக்குச் சுமார் 200 மைல் வீதம் சுழன்று வருகிறது. இவ்வளவு வேகமாகச் சூரியன் ஓடியபோதிலும் இந்த அண்டத்தின் இருசை ஒரு முறை சுற்றி முடிப்பதற்கு அது 20 கோடி ஆண்டுகளுக்கு மேலாக எடுத்துக்கொள்ளும் என்று கூறுகிறார்கள்.

சூரியனுக்குப் பிரத்தியேகமாகவும் ஓர் இயக்கம் இருந்து வருகிறது. இது ஹெர்குலிஸ் (Hercules) என்னும் சிறு நட்சத்திரக் கூட்டத்திலுள்ள வேகா (Vega) என்னும் நட்சத்திரத்தை நோக்கி விநாடிக்குப் பன்னிரண்டு மைல் வேகத்துடன் இயங்கி வருவதாகக் கூறுகிறார்கள்.

நமது சூரியன் அங்கம் வகிக்கும் நட்சத்திர அண்டத்தைப் போல் வேறு பல இலட்சக்கணக்கான அண்டங்களும் வான வெளியில் இருப்பதைக் கவனித்தார்கள்.

வானவெளியை ஒரு பெரிய கடலுக்கு ஒப்பிட்டால், இந்த நட்சத்திர அண்டங்கள் ஒவ்வொன்றையும் அக் கடலில் ஆங்காங்கே தோன்றும் சிறிய தீவுகள் என்று கொள்ளலாம்.

36. நெபுலாக்கள்

வானத்தின் மிக நெடும் தூரத்தில் உள்ள வெவ்வேறு பகுதிகளிலே மேகத்துண்டுகளைப் போன்று சில தென்படுகின்றன. இவை பிரபஞ்சத் துகள்களாலும் வாயுக்களாலும் அமைந்தவை. இவைகளுக்கு நெபுலாக்கள் என்று பெயர்.

இவற்றில் பரந்த நெபுலங்கள் (Diffuse nebulae) என்ற ஒரு வகையும், கரும் நெபுலங்கள் (Dark nebulae) என்ற ஒரு வகையும், கோள் நெபுலங்கள் (Planetary nebulae) என்ற ஒரு வகையும், சுழல் நெபுலங்கள் (Spiral nebulae) என்ற ஒரு வகையும் இருக்கின்றன.

நமது பால்வழிக்குப் பக்கத்தில் முதல் மூன்று வகை நெபுலங்களும் தென்படுகின்றன. இவை 'Galactic nebulae' எனப்படும். ஆனால், சுழல் நெபுலங்கள் பால்வழிக்கு வெகு தொலைவில் தென்படுகின்றன. இவை ' Extra galactic nebulae ' எனப்படும்.

37. பரந்த நெபுலங்கள் (Diffuse nebulae)

ஓரியன் மீன் கூட்டத்தில் காணப்படும் வெண்மேகம் போன்ற காட்சி இவ்வகை நெபுலமாகும். பொதுவாக, நெபுலங்களில் இறுக்கம் குறைவாகவே இருக்கும். இவ் விரிந்த நெபுலங்களின் இறுக்கம் மிகமிகக் குறைவாக இருக்கும். விரிந்த நெபுலங்களுக்கு உருவம் ஒழுங்காக அமையவில்லை. இவைகளின் அயலில் உள்ள பிரகாசமான நட்சத்திரங்களின் ஒளி அவைகளின்மீது மீட்டொளிப்பதால் மிகுந்த பிரகாசத்துடன் விளங்குகின்றன.

இவ்வகையில், ஓரியன் மண்டலத்திலுள்ள பெரிய நெபுலம் (Great Nebulae in Orion) மிகப் பிரசித்தி பெற்றது. அது மிக்க ஒளி பொருந்தியது.

38. கரும் நெபுலங்கள் (Dark nebulae)

சில நெபுலாக்கள் கார்மேகம்போல் கருமையாக இருக்கின்றன. விண்மீனொளி படாததால் ஒளியின்றி அவை இருக்கின்றன. கருமை நிறமான நெபுலாக்களுக்கு அப்பால் அவற்றின் பின்புறத்தில் சில நட்சத்திரங்கள் இருக்கவேண்டும். அவை கரும் நெபுலாக்களால் மறைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அவை அவ் விண்மீன்களிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளிக் கதிர்களால் உருவாகும் நிழலுருவங்களாகத் (silhouettes) தோன்றுகின்றன. இவ் வகை நெபுலத்திற்கு உதாரணம், ஓரியனிலுள்ள குதிரைத் தலை (The Horse head in the Orion) நெபுலாவாகும். மேலும் பால் வழியில் விருச்சிக மண்டலத்திற்கருகில் இத்தகைய கருமூகில் நெபுலம் ஒன்று அமைந்துள்ளது.

39. கோள் நெபுலங்கள் (Planetary nebulae)

கோள் நெபுலங்கள் சுருங்கித் தென்படுகின்றன. ஒரு விண்மீனைச் சுற்றிலும் ஏறக்குறையக் கோள வடிவில் இந்த நெபுலம் அமையும். சூரியனைச் சுற்றிக் கோள்கள் அமைவதுபோல் ஒரு பிரகாசமான நட்சத்திரத்தைச் சுற்றி இந்த நெபுலம் தென்படுவதால் இதற்குக் கோள் நெபுலம் எனப் பெயர் வந்தது. நமது பால்வழியில் சுமார் நூறு கோள் நெபுலங்கள் வரையில் இருப்பது தெரியவருகிறது. நெபுலங்கள் ஒவ்வொன்றிலும் தனிப்பட்ட நட்சத்திரங்கள் சிலவும், சிறு நட்சத்திரக் கூட்டங்களும், நட்சத்திர மேகங்களும், இராட்சத நட்சத்திரங்களும்,

நோவாக்கள் என்ற நட்சத்திரங்களும், ஊசல் நட்சத்திரங்களும் (Pulsating Stars) இருக்கின்றன. நமது பால்வழியில் இதுவரை சுமார் 130 கோள் நெபுலங்கள் வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன.

அவற்றின் உருவத்தைக்கொண்டு அவற்றிற்குத் தனிப் பெயர் இடப்பட்டுள்ளது. உதாரணமாக:

1. ரிடப ராசியில் உள்ள 'நண்டு' நெபுலம் (Crab nebulae).
2. லைராவில் (Lyra) உள்ள 'வளைய' (Ring) நெபுலம்.
3. பெருங்கரடியில் உள்ள 'ஆந்தை' (Owl) நெபுலம்.

40. பேரண்டம் (பிரபஞ்சம்—The Universe)

நமது அண்டமாகிய பால்வழிபோல் கோடிக்கணக்கான அண்டங்கள் (Galaxies) உள்ளன. ஒவ்வோர் அண்டத்திலும் கோடிக்கணக்கான நட்சத்திரங்களும் நெபுலங்களும் உள்ளன.

நாம் இருக்கும் அண்டம் 'லோக்கல்' பிரிவு என்ற பிரிவில் இருக்கிறது. நம்முடைய அண்டத்திற்கு அப்பால் அடுத்தபடியாக லோக்கல் பிரிவில் M31 என ஓர் அண்டம் உள்ளது. இதற்கும் நமது அண்டத்திற்கும் உள்ள வெற்றுவெளித் தூரம் 10^6 பார்செக்குகள் ஆகும். நமது லோக்கல் பிரிவில் நமது பால்வழி, M31, M33 மேலும் 16 அண்டங்கள் உள்ளன.

இவை தவிர மற்றும் பல பிரிவுகள் உள்ளன:

(i) கோமா பிரிவு (Coma clusters) 1000 அண்டங்களையுடையது. தூரம் 50×10^6 பார்செக்குகள்.

(ii) ஹைட்ரா பிரிவு (Hydra clusters) தூரம் 400×10 பார்செக்குகள்.

41. சுழல் நெபுலங்கள் (Spiral nebulae)

பால்வழிக்கு அப்பாலுள்ள நெபுலங்களுக்கு நமது அண்டத்திற்கு அப்பால் உள்ள நெபுலங்கள் (Extra galactic nebulae) எனப் பெயர். இவ்வகையில் முக்கியமானது சுழல் நெபுலம் ஆகும்.

நம் சூரியன் அடங்கியிருக்கும் பால்வழிபோன்று, இந்த நெபுலங்கள் ஒவ்வொன்றும் வானவெளியிலே உள்ள அண்டங்கள் (Galaxy) ஆகும். ஆண்டிரோமீடா எனும் விண்மீன் மண்டலத்தில் இத்தகைய சுழல் நெபுலம் காணப்படுகிறது. அது நம்

'பால்வழி' போன்று கணக்கற்ற விண்மீன்கள், நெபுல வகைகள் யாவையும் கொண்ட மற்றோர் அண்டம் எனக் கூறலாம். இஃது ஆண்டிரோமீடா பெருநெபுலம் M31 எனப்படுகிறது. இது நமது பால்வழியில் இருந்து 15 இலட்சம் ஒளியாண்டு தூரத்தில் உள்ளது.

100 அங்குல ஒளித் தொலைநோக்கியைக்கொண்டு ஏறக் குறைய 100 கோடி ஒளியாண்டுகள் தூரம் வரை ஊடுருவிச் சென்று பார்க்கலாம். இந்தப் பெருவெளிப் பகுதியில் 10 கோடி அண்டங்கள் அடங்கியுள்ளன.

இதுபோன்று எத்தனையோ அண்டங்கள் வானவெளியில் இருக்கின்றன.

அமரகவி சுப்பிரமணிய பாரதியார் தமது ஞானக்கண்ணால், நாம் விஞ்ஞான வாயிலாகவும், புதுயுகக் கருவிகளாலும், விண் கலன்கள், வான ஊர்திகள் வழியாகக் கண்டறியும் உண்மைகளை ஓர் அரிய செய்யுளில் கூறியிருப்பது வியக்கத்தக்கதே !

நக்கபி ரானருளால்—இங்கு
நடைபெறும் உலகங்கள் கணக்கிலவாம் ;
தொக்கன அண்டங்கள்—வளர்
தொகைபல கோடிபல் கோடிகளாம் !
இக்கணக் கெவரறிவார் ?

பேரண்டம் (பிரபஞ்சம்) விரிந்து சென்றுகொண்டிருக்க வேண்டும் என்று கணக்கியலால் முதன்முதலில் காட்டியவர் டிஸிட்டர் (Desitter) என்ற விஞ்ஞானி. இவர் ஐன்ஸ்டைன் (Einstein) சித்தாந்தத்தைக் கொண்டு இம் முடிவுக்கு வந்தார். பிரபஞ்சத்தில் பொருட்கவர்ச்சிச் சக்தியுடன், மற்றொரு விண்ணியல் விலக்கச் சக்தியும் செயல்பட்டு வருவதாகவும், இவ் விண்ணியல் விலக்கச் சக்தியின் வலிமை சூரிய மண்டலத்தில் மிக மிகக் குறைவாகவும், நெபுலங்களிடையே அதிகமாகவும் இருக்க வேண்டும். இவ் விண்ணியல் விலக்கச் சக்தியின் வலிமை நெபுலங்களில் அதிகமாக இருக்கவேண்டுமென்று ஐன்ஸ்டைன் சித்தாந்தத்திலிருந்து காட்டப்பட்டது. இவ்வாறு இருப்பது சோதனையினாலும் நிரூபிக்கப்பட்டது. பூமிக்கு அருகில் உள்ள நெபுலங்கள் குறைந்த வேகத்துடனும், தொலைவில் உள்ள நெபுலங்கள் அதிக வேகத்துடனும் விரிந்து ஓடுவதை விஞ்ஞானி கள் சோதனைகளினால் அறிந்தார்கள்.

ஒரு ரப்பர் பலூனில் பல புள்ளிகளையிட்டு, அதை ஊதும் போது அதன்மீதுள்ள புள்ளிகள் விலகிச் செல்வதுபோல் இந்த நெபுலங்கள் விரிந்து ஓடிக்கொண்டிருக்கின்றனவாம். இதனால் இப் பிரபஞ்சம் விரிந்துகொண்டு போகிறது என்று அனுமானிக்கிறார்கள். பூமிக்கும் நெபுலங்களுக்கும் இடையேயுள்ள தூரம் ஒவ்வொரு வருஷமும் இருநூறு கோடி மைலுக்கு ஒரு மைல் வீதம் அதிகரித்துக்கொண்டு வருகிறதாம். இவ்வாறே நெபுலங்களின் இடைத்தூரமும் அதிகரித்துக்கொண்டே வருகிறதாம்.

இற்றைக்கு இருநூறுகோடி வருஷங்களுக்குப் பிறகு ஒரு நெபுலத்திற்கும் மற்றொரு நெபுலத்திற்கும் இடையில் உள்ள தூரம் இப்போது இருப்பதைவிட இரண்டு மடங்கு அதிகமாக இருக்கும் என்று மதிப்பிட்டிருக்கிறார்கள். இருநூறுகோடி வருஷங்களுக்கு முன்னர் அவ்விரண்டு நெபுலங்களும் மிகநெருங்கி இருந்திருக்கவேண்டும் என்று கொண்டு, இப் பிரபஞ்சம் தோன்றி இற்றைக்கு 200 கோடி ஆண்டுகள் ஆயின எனக் கொள்ளலாம்.

பூமியின் வயதை மதிப்பிடுவதற்குப் பல வழிகள் இருக்கின்றன. கடல் நீருக்கு உப்பு, ஆறுகளின் மூலமாகவே கிடைத்திருக்க வேண்டும். பூமி தோன்றிய புதிதில் அடைமழை பெய்துவந்தது என்றும், அதன் விளைவாகக் கற்பாறைகள், மலைகள் இவற்றிலிருந்து சிறிது சிறிதாக உப்புகள் ஆறுகளினால் அடித்துச் செல்லப்பட்டன என்றும் கூறுகிறார்கள். தற்போது கடல்களில் உள்ள உப்பின் அளவை மதிப்பிட்டுப் பிரதி வருஷமும் ஆறுகளின் மூலம் அவற்றுக்குக் கொண்டுவரப்படும் உப்பின் அளவையும் மதிப்பிட்டு, பூமியின் வயதைத் தோராயமாக மதிப்பிட முடியும். இவ்வாறு கணக்கிட்டுப் பார்த்ததில் பூமியின் வயது சுமார் 30 கோடி வருஷங்கள் இருக்கவேண்டும் என்று தெரிகிறது.

பூமிக்கும் சந்திரனுக்கும் இடையேயுள்ள தூரம் பிரதி வருஷமும் ஐந்து அங்குலம் வீதம் அதிகரித்துக்கொண்டு வருவதாக மதிப்பிட்டிருக்கிறார்கள். தற்போது பூமிக்கும் சந்திரனுக்கும் இடையேயுள்ள தூரம் இரண்டு இலட்சத்து முப்பத்தொன்பதாயிரம் மைல் என்று கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. எனவே, இத்தூரத்தை ஐந்து அங்குலத்தினால் வகுக்கும்போது வரும் ஈவு, பூமியும் சந்திரனும் ஒன்றாக இருந்த காலத்தைக் குறிக்கும். இவ்வாறு கணக்கிட்டுப் பார்த்ததில் சுமார் 4 மிலியன் வருஷங்களுக்கு முன்பு பூமியும் சந்திரனும் ஒன்றாக இருந்திருக்க வேண்டும் என்று தெரிகிறது. எனவே, சந்திரன் தோன்றி 4 மிலியன் ஆண்டுகள் ஆகி இருக்கவேண்டுமென்று கொள்ளலாம்.

42. விண்மீன்களுக் கிடைப்பட்ட தூசுகள், வாயுக்கள் (Interstellar dust and gas)

ஒரு நட்சத்திரத்திற்கும், மற்றொன்றிற்கும் இடைப்பட்ட பெருவெளியில் பரவலாக வாயுப் பொருள்களும் (gas), தூசுத் துகள்களும் (dust) படர்ந்துள்ளன. ஆவிப் பொருள்கள் முகில் களாகச் சுருங்கிவிடக்கூடிய தன்மையுடையன. இவைகளில் பல பளபளப்பான அல்லது கரும் நெபுலங்களாக உருவாகி நமக்குக் காட்சியளிக்கின்றன.

இவை அவற்றிற்கப்பாற்பட்ட விண்மீன்களினின்று வரும் ஒளியை மங்கலாக்குகின்றன. சிலவற்றில் விண்மீன்களின் ஒளி ஊடுருவி வந்து அம் முகிற் படலங்களைப் பிரகாசிக்கச் செய் கின்றன.

இச் சிறு தூசுத் துகள்கள் எப்பொருள்களாலானவை எனக் கூறமுடியவில்லை. ஒருவேளை இரும்பு மற்ற உலோகங்கள் கலந்த நீரகப் பொருள்களாக இருக்கலாம்.

இத் தூசிப் படலங்கள் இடைப்படுவதன் காரணமாக நாம் பால்வழியில் பல பகுதிகளைச் சரிவரக் காண முடிவதில்லை.

சில சமயங்களில் இத் தூசிப் படலங்களின்மேல் அண்மையி லுள்ள நட்சத்திர ஒளி படுவதால், அவை ஏதோ நெபுலங்கள் போல் நமக்கு ஒரு மாயத் தோற்றத்தை ஏற்படுத்துகின்றன. இவ்வகை மாயக் காட்சிகளைக் கிருத்திகை (Pleiades) மண்டலத் தில் நாம் காணலாம்.

இத் தூசி மண்டலங்கள் வழியாக ஒளி ஊடுருவிச் செல்ல முடியாது போயினும், ரேடியோ அலைகள் செல்லக்கூடும் எனக் காணப்பட்டது. இதனால் வான ஆராய்ச்சியில் ரேடியோ முறை கள் கையாளப்பட்டன.

விண்மீன்களுக் கிடைப்பட்ட தூசிப் படலத்தில், பெரும்பகுதி நீரகமாகும்.

இது இரு வகைகளில் காணப்படுகிறது.

1. நடுநிலை (neutral state).
2. மின்னூட்டம் கொண்ட நிலை.

நடுநிலைப் பகுதிகள் மெல்லிய படுக்கையாக அமைந்துள்ளன. ஆனால், அவை ஒருசீராகப் படர்ந்திருக்கின்றனவெனச் சொல்வதற்கில்லை. இவற்றின் உயரம் 30 ஒளியாண்டிலிருந்து 1300 ஒளியாண்டுவரை வேறுபடுகிறது.

இவ்வித மெல்லிய ஆவி முகிற் படலங்கள் ரேடியோ அலைகளை ஊடுருவிப்பாய வழி விடுவதனாலே, வான ஆராய்ச்சியில் ஒரு புது யுகத்தையே ஏற்படுத்தி அதன் வாயிலாக நாம் பல வியக்கத்தகு உண்மைகளை அறியச் சிறந்த வாய்ப்பு ஏற்பட்டிருக்கிறது.

43. எவ்விதத் திட்டமான உருவமும் இல்லாத அண்டங்கள்

இவ்வகைப்பட்ட நெபுலங்களுக்கு மெகல்லானிக் முகில்கள் (Megallanic clouds) மிகச் சிறந்த எடுத்துக்காட்டாகும். இம் முகில்கள் பால்வழியின் தென்புறத்தில் இரண்டு பகுதிகளாகக் காட்சியளிக்கின்றன. இம் முகில்கள் ஓர் இலட்சத்து ஐம்பதாயிரம் ஒளியாண்டுகள் தூரத்திற்கு அப்பாற்பட்டவை.

இந்த முகில்கள் எவ்விதத் திட்டமான உருவமும் இல்லாத அண்டங்களாக இருக்கலாம் எனத் தெரியவருகிறது.

இவ்வித அண்டங்கள் இளைய பருவத்தில் உள்ள அண்டங்கள் என்றும், இவை நாளடைவில் திட்டமான உருவம் கொள்ளலாம் என்றும் கருதப்படுகிறது. இவ்விதக் குழந்தைப் பருவத்தில் உள்ள அண்டங்கள் இருப்பதால், இப்பொழுதுகூடப் புதுப்புது அண்டங்கள் உருவாகிக்கொண்டிருக்கலாம் எனக் கருத இடமுண்டு.

8. ரேடியோ வானியல்

(RADIO ASTRONOMY)

ஹைன்ரிச் ஹெர்ட்ஸ் (Heinrich Hertz) என்ற ஜெர்மானிய விஞ்ஞானிதான் முதன்முதலாக ரேடியோ அலைகளைக் கண்டு பிடித்தார். இந்த அலைகளைக் கொண்டுதான் மார்க்கோனி (Marconi) முதன்முதலாக இங்கிலாந்திலிருந்து அட்லான்டிக் சமுத்திரத்தைக் கடந்து நியூஃபௌண்ட்லாந்து (New Foundland) என்ற இடத்திற்கு $\frac{1}{100}$ விநாடியில் செய்தியனுப்பிப் புரட்சிகர மான வெற்றி கண்டார்.

வானவெளியில் அநேகப் பொருள்கள் வெகு தொலைவில் இருந்துகொண்டு ரேடியோ அலைகளை வெளிப்படுத்திக் கொண்டிருக்கின்றன. இவற்றை முதன்முதலில் உற்றுக் கவனித்த வர் கார்ல் ஜான்ஸ்கி (Karl Jansky) என்ற இளம் விஞ்ஞானி. இவர் தற்செயலாக வானவெளியிலிருந்து ஏதோ இனம் புரியாத ரேடியோ சலசலப்பைக் கேட்டார். இவர் பெல் தொலைபேசி ஆய்வுச்சாலை (Bell Telephone Laboratory) ஆராய்ச்சியாளராகப் பணிபுரிந்து வந்தார். இவரது பணி யாதெனில் ரேடியோக்களில் கேட்கும் பலவிதமான இடையூறான ஓசைகள் தோன்றுவதற்கான காரணங்களை ஆராய்தல். இப் பணியில் அவர் ஈடுபட்டிருக்கும் போது மேலே கூறிய ரேடியோ அலைகளைக் கேட்டார். இந்த ரேடியோ ஒலியின் பிறப்பிடம் பாலண்ட மையத் திசையிலிருந்து வருவதுபோல அவர் ஊகித்தார்.

ஜான்ஸ்கியின் ஆராய்ச்சியைத் தொடர்ந்து கிரோட் ரேபர் (Grote Reber) என்பவர் நடத்தினார். இவர் ஆராய்ச்சியின் அடிப்படையில்தான் ஜாட்ரல் பாங்க் (Jodrell Bank) வான ஆராய்ச்சி நிலையத்தில் இன்று நிறுவப்பட்டிருக்கும் பிரம்மாண்ட மான ரேடியோ தொலைநோக்கி செயல்படுகிறது. இதில் படும் ரேடியோ அலைகளே வானியலுக்குக் கிடைக்கும் அபூர்வ செல்வ மாகும்.

எங்கிருந்து இந்த ரேடியோ அலைகள் தோற்றுவாய் பெற்றிருந்தனவோ அங்கெல்லாம் ஒளித் தொலைநோக்கியை (Optical Telescope) பயன்படுத்திப் புதுப்புது வான் பொருள்களையும் நிகழ்ச்சிகளையும் கண்டனர்.

இப் பேரண்டத்தில் உண்மைகளை அறிய உதவும் கருவியே ரேடியோ தொலைநோக்கி எனலாம். ஒளியியல் தொலைநோக்கிகளுக்கும் புலப்படாத பல விண்மீன்களையும் ரேடியோ தொலைநோக்கிகொண்டு அறிய முடிகிறது.

குவாசர்கள் (Quasars—Quasistellar Radio Sources)

முதன்முதலாக 1960ஆம் ஆண்டில் ரேடியோ வானியல் மூலம் விண்மீனை யொத்த சில பொருள்கள் ரேடியோ அலைகளை வெளிப்படுத்துவது காணப்பட்டது. இவை விண்மீன்கள் போலத் தோன்றினாலும் ரேடியோ அலைகள் மூலமாகவே அறியப்படுகின்றன. இவற்றிலிருந்து வெளிவரும் ரேடியோ அலைகள் விட்டு விட்டு வருவதும், வலிமை குறைந்தனவாயிருப்பதும் தெரியவருகிறது. இவை பால்வழி மண்டலத்திற்கு அப்பாற்பட்ட அண்டங்களிலிருந்து வருவதாக நம்பப்படுகிறது.

பல்சார்கள்

தாமஸ் கோல்ட் (Thomas Gold) என்னும் விஞ்ஞானி 1968ஆம் ஆண்டில் பல்சார்கள் (Pulsating Radio Stars) என்பவை சுழலும் நியூட்ரான் விண்மீன்கள் என்ற கண்டுபிடிப்பை அறிவித்தார். இவை அதிக ஆற்றல் பெற்றவை. இம்மாபெரும் ஆற்றலை இவை சுமார் 10 கோடி ஆண்டுகளுக்குத் துடிக்கும் ரேடியோ அலைகளாக வெளிவிட்டுக்கொண்டேயிருக்கும் எனக் கணிக்கப்பட்டிருக்கிறது.

ரேடியோ வானியல் சாதனைகள் மூலமும், புதன், செவ்வாய், வியாழன், சனி ஆகிய கிரகங்களை அணுகிச் செல்லும் விண்கலன்கள் வாயிலாகவும், இப் பேரண்டத்தைப்பற்றிய பல உண்மைகளை நாம் ஒருவாறு அறிந்துகொள்ள முடிகிறது.

பயிற்சி

1. **சூரியனின் அமைப்பை விவரிக்க.**
2. **உட்கோள்கள், புறக்கோள்கள் யாவை? அவற்றின் வேறுபாடுகள் என்ன?**
3. **கோள்களின் இயக்கம்பற்றிய கெப்ளரின் விதிகளைக் கூறு.**

4. கோள்கள் சம்பந்தப்பட்ட பின்வரும் சொற்களை விளக்குக.

(i) விலக்கம் (Elongation), (ii) ஒருதிசை நிலை (Conjunction), (iii) எதிர்த்திசை நிலை (Opposition), (iv) அரைப்பிறை நிலை (Quadrature).

5. ஒரு கோளின் (i) மீன்வழிக் கால வட்டம் (Sidereal Period), (ii) ஞாயிற்றுவழிச் சுற்றுகாலம் (Synodic Period) என்பவற்றை வரையறை செய்க. இவற்றிற் குள்ள சம்பந்தம் காண்க.

6. கிரகத்தின் கிழக்கு (நேர் இயக்கம்) (Direct Motion), மேற்கு (பிற்போக்கு) இயக்கம் (கிரக வக்கிரம்) என்பவற்றை விளக்குக.

7. பின்வருவனவற்றிற்குக் காரணம் கூறு.

(i) ஓர் உட்கோள் சூரியனுடன் எதிர்த்திசை நிலையில் (Opposition) எப்போதும் இராது.

(ii) ஒரு புறக்கோள் எப்போதும் அரைப் பிறைக்கு மேலாகவே (Gibbous) தெரியும்.

(iii) புறக்கோள் எதிர்த்திசை நிலையில் இருக்கும்போது அது வக்கிரமாக (பிற்போக்காக) நகரும்.

(iv) வெள்ளியை ஒருபோதும் நள்ளிரவில் காணமுடியாது.

(v) புதன் சில சமயங்களில் காலையிலும், வேறு சில சமயங்களில் மாலையிலும் காணப்படுகிறது.

8. ஒரு கோளின் சூரியவழிச் சுற்றுகாலம் (Synodic Period) 3 ஆண்டுகள். அதன் மீன்வழிச் சுற்றுகாலத்தை (Sidereal Period) கணக்கிடுக.

9. ஒரு கோளின் மீன்வழிச் சுற்றுகாலமும், சூரியவழிச் சுற்றுகாலமும் சமமானால், அவற்றின் மதிப்பைக் காண்க [குறிப்பு: இந்த நிபந்தனை புறக்கோளுக்கே பொருந்தும் என்று நிறுவுக].

10. சிறுகோள் திரள் கண்டுபிடிப்பு எவ்வாறு 'போட்ஸ் விதி'யை (Bode's Law) உறுதிசெய்தது.

11. யுரேனஸ், நெப்டியூன், புளூட்டோ ஆகியவை எவ்வாறு கண்டுபிடிக்கப்பட்டன.

12. ஹாலியின் வால்நட்சத்திரத்தை வர்ணிக்கவும்.

13. பின் வருவனபற்றிச் சிறு குறிப்புகள் எழுதுக.

(i) சூரியனின் ஒளிர்முடி (Corona), (ii) சூரியனின் கறைகள் (Sun spots), (iii) சூரிய ஜுவாலைகள் (Solar prominences), (iv) வடவைக் கனல் (Aurora Borealis), (v) செவ்வாய்க் கால்வாய்கள்(Martian canals), (vi) டிரோஜன் தொகுதி (Trojan group), (vii) சனியின் வளையங்கள் (Saturn's rings), (viii) வால்நட்சத்திரங்கள் (Comets), (ix) காலவட்ட வால்நட்சத்திரங்கள் (Periodic comets), (x) கிரகண வால் நட்சத்திரம்(Eclipse comet), (xi) இகேய-சாகி வால்நட்சத்திரம் (Ikeya-Saki comet), (xii) எரிநட்சத்திரங்கள் (Meteors), (xiii) எரிகற்கள் (Meteorites), (xiv) எரிமீன்களின் வீச்சுமுகம் (Radiant Point), (xv) லியோனிட்கள் (Leonids), (xvi) லைரிட்கள் (Lyrids), (xvii) பெர்சியட்கள் (Perseids), (xviii) ஆண்டிரோமீட்ஸ் (Andromedes), (xix)கோள்களுக்கும் வால்நட்சத்திரங்களுக்கும் உள்ள ஒற்றுமை வேற்றுமைகள், (xx) இராசிச் சக்கர ஒளி (Zodiacal light).

14. கீழ்க்கண்டவற்றிற்குக் காரணம் கூறுக.

(i) பூமியும் வெள்ளியும் இரட்டைக் (Twins) கோள்கள் எனலாம்.

(ii) புதன் தேவர்களின் தூதன் (Messenger of God).

(iii) புதனையோ, சுக்கிரனையோ நடுநிசியில் காண முடியாது.

(iv) செவ்வாயில் உள்ள ஒருவருக்கு 'போபஸ்' (Phobos) என்னும் துணைக்கோள் நாளொன்றுக்கு இருமுறை மேற்கே உதித்துக் கிழக்கே மறையும்.

(v) சனியின் வளையங்கள் எப்பொழுதும் காணப்படுவதில்லை.

(vi) ஒரு வால்நட்சத்திரத்தின் வால் எப்பொழுதும் சூரியனுக்கு எதிர்த் திசையை நோக்கியே இருக்கும்.

(vii) விண்மீன் கற்கள் மாரி ஓராண்டுக் காலத்தில் குறிப்பிட்ட காலங்களில் பெய்கின்றது.

(viii) 'லியோனிட்' மாரி, 33¼ காலவட்டத்தில் பெய்கிறது.

15. இராசிச் சக்கரத்தின் பிரிவுகள் (Signs) எவை? சூரியனின் ஆண்டு இயக்கத்திற்கும் இப் பிரிவுகளுக்கும் உள்ள தொடர்பு என்ன?

16. உன்னுடைய ஊரில் பல பருவங்களில் தோன்றும் முக்கிய மான நட்சத்திர மண்டலங்களைப் பற்றி விவரிக்க.

17. பின்வருவனவற்றைப் பற்றிச் சிறுகுறிப்பு எழுதுக.
(i) குறள் நட்சத்திரங்களும், இராக்கத நட்சத்திரங் களும், (ii) இரட்டை நட்சத்திரங்களும், பல்கூட்டு நட்சத்திரங்களும் (Double and multiple stars), (iii) மாறி விண்மீன்கள் (Variable stars), (iv) சிஃபெயிட் மாறிகள் (Cepheid variables), (v) புதுமீன்கள் (Novae), (vi) நெபுலங்கள் (Nebulae), (vii) பரந்த நெபுலங்கள் (Diffuse nebulae), (viii) கோள் நெபுலங்கள், (ix) சுழல் அல்லது சுருள் நெபுலங்கள் (Spiral nebulae), (x) பால் வழி (Milky way), (xi) நமது அண்டம் (Galactic system), (xii) ஓரியன், (xiii) ஆண்ட்ரோமீடா (Andromeda), (xiv) பெருங்கரடி மண்டலம் (The Great Bear), (xv) தென் சிலுவை (Southern Cross), (xvi) விருச்சிக இராசி (Scorpio), (xvii) வடமுடி (Corona Borealis, the Northern Crown), (xviii) கார்த் திகைக் கூட்டம் (Pleiades), (xix) அபிஜித் (Vega), (xx) அரியணை அரசி (Cassiopeia).

18. சூரியனிலிருந்து ஒரு கோளின் விலக்கம் (Elongation) 150° ஆகக் காணப்படுகிறது. அது உட்கோளா புறக்கோளா என்பதைக் காரணத்துடன் கூறுக.

19. ஒரு கோள் அரைப் பிறை நிலையில் (Quadrature) காணப்படுகிறது. அது உட்கோளா புறக்கோளா !

20. ஒரு தொலைநோக்கியின் மூலம் இரு கோள்கள் காணப் பட்டன. ஒன்று பிறை வடிவில் காட்சியளிக்கிறது; மற்றொன்று அரைப் பிறை வடிவில் காட்சியளிக் கிறது. அவை உட்கோளா புறக்கோளா எனக் காரணத் துடன் கூறுக.

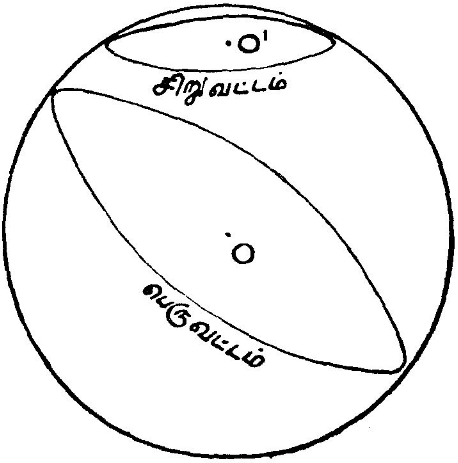
9. கோளத் திரிகோண கணிதம்

(SPHERICAL TRIGONOMETRY)

1. கோளத்தின் வெட்டுமுகம் (Section of a Sphere)

(i) ஒரு சமதளம் ஒரு கோளத்தை வெட்டினால், அதனால் ஏற்படும் வெட்டுமுகம் (Section) ஒரு வட்டமாகும்.

(ii) ஒரு கோளத்தின் மையத்தின் வழியாக அதை ஒரு சமதளம் வெட்டினால், அவ் வெட்டுமுகம் ஒரு பெரு வட்டமாகும் (Great circle). அவ்வாறல்லாத தள வெட்டுமுகம் ஒரு சிறு வட்டம் (Small circle) எனப்படும்.



படம் 9-1

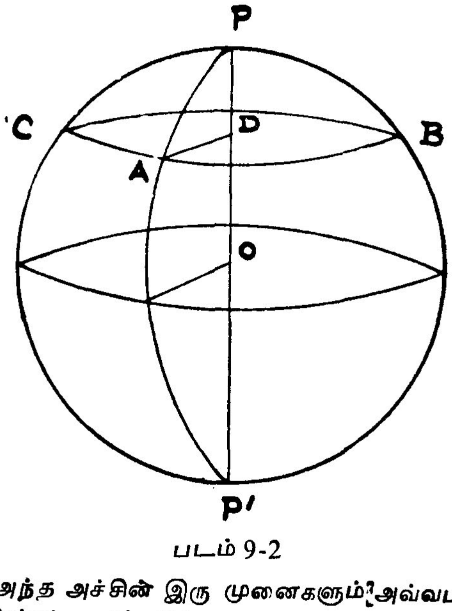
(iii) ஒரு கோளத்தின் இரு பெரு வட்டங்கள் ஒன்றையொன்று சமபாதியாக வெட்டிக்கொள்ளுகின்றன.

(iv) கோளத்தின் மேற்பரப்பிலுள்ள (விட்டத்தின் முனைகளல்லாத) ஏதேனும் இரு புள்ளிகள் வழியாக ஒரே ஒரு பெரு வட்டமே வரையக்கூடும்.

ஏனெனில், அவ்விரு புள்ளிகளும், கோளத்தின் மையமும் ஒரு தனிப்பட்ட தளத்தை நிர்ணயிக்கும். இத்தளம் கோளத்தை வெட்டும் முகம் அப்புள்ளிகள் வழியாகச் செல்லும் பெருவட்டமாகும்.

குறிப்பு : இவ்விரு புள்ளிகள் வழியாகச் செல்லும் பெரு வட்டத்தின் சிறு வில்லே, இப்புள்ளிகளை இணைக்கக் கூடிய எல்லா வளைகோடுகளிலும் மீச்சிறு நீளமுடையதாகும்.

(v) ஒரு கோளத்தின் வட்டத்தின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கும் விட்டம் அவ்வட்டத்தின் அச்சு (axis) எனப்படும்.



படம் 9-2

(vi) அந்த அச்சின் இரு முனைகளும் அவ்வட்டத்தின் இரு துருவங்கள் (Poles) எனப்படும்.

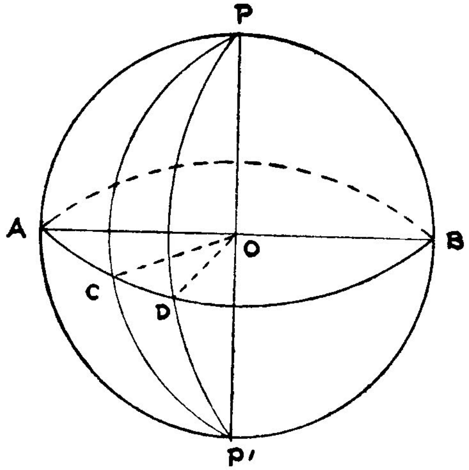
ABC என்ற சிறுவட்டத்திற்கு, *PP'* அச்சாகும். *P*யும், *P'*உம் அவ்வட்டத்தின் இரு துருவங்களாகும்.

மேலும் வில் *PA* = வில் *PB* = வில் *PC*

ABC ஒரு பெருவட்டமானால், வில் *PA* ஒரு கால் வட்டமாகும் (quadrant).

2. முதனிலை வட்டம் (Primary Circle), துணைக் குத்துவட்டங்கள் (Secondary Circles)

ACDB என்பது ஒரு பெருவட்டம். அதன் துருவங்கள் *P*, *P'* என்பன. *PCP'*, *PDP'* என்பன அத்துருவங்கள் வழியாக வரைந்த பெருவட்டங்களாகும்.



படம் 9-3

வரையறை : *ACDB* என்ற பெருவட்டத்திற்கு, *PCP'*, *PDP'* என்பன துணைக் குத்துவட்டங்கள் (Secondary circles).

(அ-து.) ஒரு பெருவட்டத்தின் துருவங்கள் வழியாகச் செல்லும் பெருவட்டங்கள் அப் பெருவட்டத்தின் துணைக் குத்துவட்டங்கள் எனப்படும்.

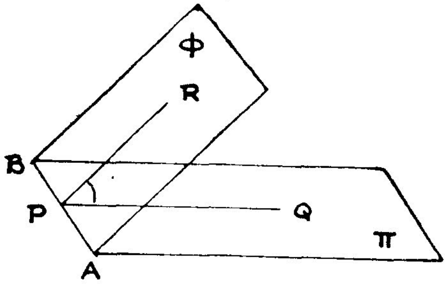
இத் துணை வட்டங்களுக்குரிய முதல் வட்டம் *ACDB* என்பது முதனிலை வட்டம் (Primary circle) எனப்படும்.

3. கோள கோணங்கள் (Spherical Angles)

(i) **இரு தளங்களுக்கு இடைப்பட்ட கோணம் :**

வரையறை : π, ϕ என்ற இரு தளங்கள் *AB*யில் வெட்டட்டும். *AB*யில் *P* என்பது ஏதேனும் ஒரு புள்ளி. *P* வழியாக *AB*க்குச்

செங்குத்தாக π என்னும் தளத்தில் PQ-ம், ϕ என்னும் தளத்தில் PR-ம் வரைக. எனில்,



படம் 9–4

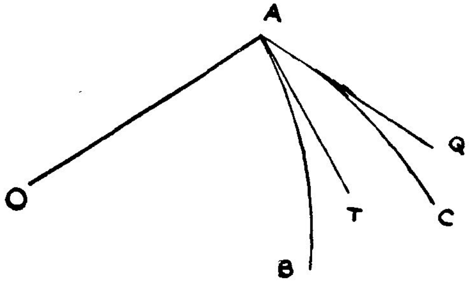
$\angle QPR$ என்பது இவ்விரு தளங்களுக்கும் இடைப்பட்ட கோண மாகும்.

(ii) இரு பெரு வட்டங்களுக்கு இடைப்பட்ட கோணம் :

வரையறை : இரு பெரு வட்டங்களுக்கு இடைப்பட்ட கோணம் அவ்வட்டங்களின் தளங்களுக்கிடைப்பட்ட கோணம் ஆகும்.

இரு பெரு வட்டங்களுக்கு இடைப்பட்ட கோணம் கீழே வரை யறுக்கப்படும் கோணங்களுக்குச் சமம் என எளிதல் காணலாம்.

(a) இரு பெரு வட்டங்கள் வெட்டுமிடங்களில் அவ்வட்டங்களுக்கு வரையப்படும் தொடுகோடுகளுக்கு இடைப்பட்ட கோணம் அப்பெரு வட்டங்களுக்கு இடைப்பட்ட கோணமாகும்.



படம் 9-5

OAB, என்ற பெருவட்டத்திற்கு AT தொடுவரை $\therefore \angle OAT = 90^\circ$
OAC என்ற பெருவட்டத்திற்கு AQ தொடுவரை $\therefore \angle OAQ = 90^\circ$
இரு தளங்களுக்குப் பொதுக் கோடான OAக்கு AT, AQ அவ்விரு

தளங்களின் செங்குத்துக் கோடாகும். ∴ $\angle TAQ$ இவ்விரு பெரு வட்டங்களைக் கொண்ட தளங்களுக்கு இடைப்பட்ட கோண மாகும்.

(b) இரு பெரு வட்டங்களுக்கு இடைப்பட்ட கோணம், இவ் வட்டங்களைத் துணைக் குத்துவட்டங்களாகக் கொண்ட முதனிலை வட்டத்தின் மேல் இவ்விரு வட்டங்களுக்கு இடைப்பட்ட வில் அளவு

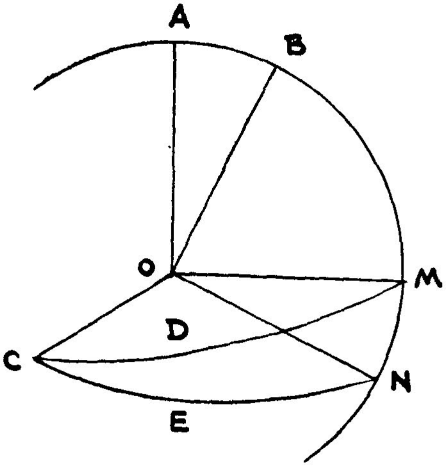
படம் 9-3-ல் $PO \perp OC$, $PO \perp OD$

∴ $\angle COD$ என்பது POC, POD தளங்களுக்கு இடைப்பட்ட கோணம்.

$\angle COD$ ஐ வில் CD அளக்கிறது.

எனவே, மேற்கூறிய வரையறை நிறுவப்பட்டது.

(c) இரு பெரு வட்டங்களுக்கு இடைப்பட்ட கோணம் அவற்றின் துருவங்களுக்கு இடைப்பட்ட வில் அல்லது கோண தூரமாகும்.



படம் 9-6

O என்பது கோளத்தின் மையம். CD, CE என்பன அக் கோளத்தின் பெருவட்டங்கள். இப் பெருவட்டங்களின் துருவங் கள் முறையே A, B ஆகட்டும்.

A, *B* வழியாக அக்கோளத்தின் ஒரு பெருவட்டத்தை வரைக இது *CD*, *CE* என்னும் பெருவட்டங்களை *M*, *N* என்ற புள்ளிகளில் சந்திக்கட்டும்,

இனி, *OCD* தளத்திலுள்ள *OC*-க்கு *AO* செங்குத்தாகும்.

OCE தளத்திலுள்ள *OC*-க்கு *BO* செங்குத்தாகும்.

∴ *OC* ஆனது *AOB* தளத்திற்குச் செங்குத்தாகும்.

∴ *AOB* தளத்திலுள்ள *OM*, *ON* என்ற கோடுகளுக்கு *OC* செங்குத்தாகும்.

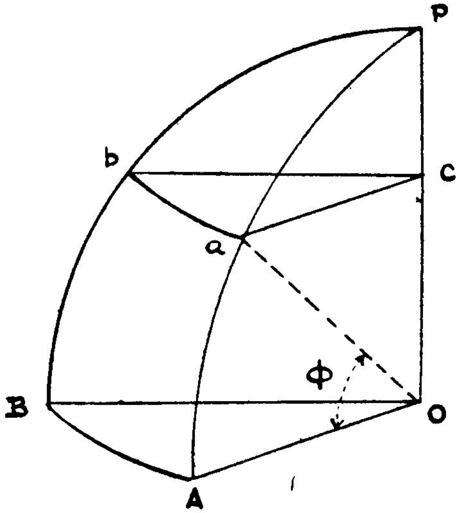
∴ வரையறையின்படி, *OCD*, *OCE* என்னும் தளங்களுக்கு இடைப்பட்ட கோணம் $= \angle MON$.

இனி, $\angle MON = \angle BON - \angle BOM = \angle AOM - \angle BOM = \angle AOB$

$\angle AOB$ ஆனது வில் *AB*ஆல் அளக்கப்படுகிறது.

4. இணையான சிறுவட்ட, பெருவட்ட விற்களின் விகிதங்கள்

a b என்பது ஒரு கோளத்தினுடைய ஒரு சிறு வட்டத்தின் வில்லாகட்டும். அச்சிறு வட்டத்தின் மையம் *C* ஆகவும், அதன் துருவம் *P* ஆகவும் கொள்வோம். கோளத்தின் மையத்தை *O* எனக்கொள்வோம். *P* வழியாக *PaA*, *PbB* என்னும் பெருவட்டங்களை வரைக. இவை *P*ஐத் துருவமாகக்கொண்ட பெருவட்டத்தை முறையே *A*, *B* என்ற புள்ளிகளில் சந்திக்கட்டும்.



படம் 9-7

Ca, *Cb*, *OA*, *OB* ஆகியவற்றை வரைக. $\angle AOa = \phi$ என்க. இனி $Ca \perp PO$, $OA \perp PO$ (வட்டங்கள் *ab*, *AB*க்கு *P* துருவம்).

$\therefore \quad Ca \parallel OA$

$Cb \perp PO, \; OB \perp PO$

$\therefore \quad Cb \parallel OB$

$\therefore \quad \angle aCb = \angle AOB$

இனி, C என்ற வட்டத்தில், வில் $ab = aC. \angle aCb$ ($\because b = r\theta$)
Oஐ மையமாகக் கொண்ட வட்டத்தில், வில் $AB = OA. \angle AOB$

$$\therefore \frac{\text{வில் } ab}{\text{வில் } AB} = \frac{aC}{OA} = \frac{aC}{Oa} = [\because OA = Oa]$$

$$= \sin(90° - \phi) = \cos\phi$$

$$\therefore \quad ab = AB \cos\phi = AB \cos Aa$$

(அ-து) ஒரு சிறு வட்ட வில் நீளம் = இணையான பெரு வட்ட வில் நீளம் × இடைப்பட்ட வில்லின் நீளம் (= corresponding parallel great arc × cosine of distance between two arcs).

குறிப்பு : பெருவட்ட வில்களின் அளவு, அவை கோள மையத்தில் தாங்கும் கோணங்களால் அளக்கப்படுகின்றன.

5. கோள முக்கோணங்கள் (Spherical Triangles)

வரையறை : ஒரு கோளத்தின் மேற்பரப்பில் மூன்று பெரு வட்ட விற்களால் அமைவுறும் முக்கோணத்திற்கு ஒரு கோள முக்கோணம் எனப் பெயர்.

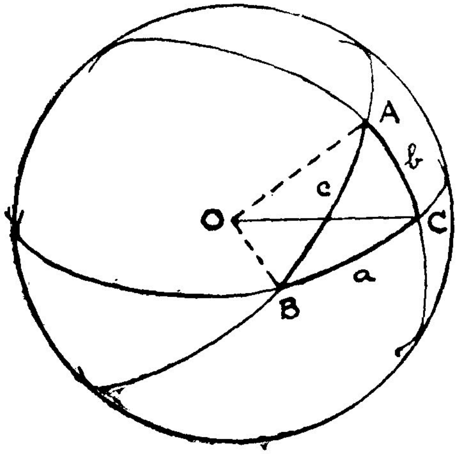
கோள முக்கோணத்தின் உறுப்புகள் : 6 உறுப்புகள் உள்ளன. $\angle A$, $\angle B$, $\angle C$ என்ற மூன்று கோணங்கள். BC, CA, AB என்ற மூன்று வில்கள். இவற்றைப் பக்கங்கள் என்கிறோம். இவை முறையே a, b, c எனக் குறிக்கப்படும்.

வரையறையின்படி, கோணம் A என்பது OAB, OAC என்ற பெருவட்ட தளங்களுக்கு இடைப்பட்ட கோணம். இவ்வாறே கோணங்கள் Bயும், Cயும். இவற்றின் அளவுகளைப் பாகைகளிலோ (degrees) அல்லது ஆரையன்களிலோ (radians) அளவிடலாம்.

a என்ற பக்கத்தின் அளவு BCயின் கோண அளவாகும்.

(அ-து) BC என்ற வில் கோள மையம் Oவில் தாங்கும் கோண அளவேயாம். இதுபோன்றே b, cயும் கோண அளவிலேயே இருக்கும். ஆகவே, ஒரு கோள முக்கோணத்தின் பக்கங்

களும் கோண அளவுடையனவே தவிர, ஒரு நேர்கோட்டு முக்கோணத்தின் பக்கங்களைப் போல் நீட்டல் அளவு கொண்டவை அல்ல.



படம் 9-8

எனவே, ஒரு கோள முக்கோணத்தின் ஆறு உறுப்புகளும் கோண அளவுடையன.

கோள முக்கோணத்தின் பண்புகள் (Properties)

சாதாரண நேர்கோட்டு முக்கோணத்திற்குரிய பண்புகள் யாவும் கோள முக்கோணத்திற்கும் பொருந்தும்.

(உதாரணம்) இரு சமபக்க முக்கோணத்தில் AB, AC சமமானால், A வழியாக BCக்கு வரையப்படும் துணைக் குத்து வட்டம் $\angle A$ஐயும், பக்கம் BCஐயும் இரு சம பாகங்களாகப் பிரிக்கும்.

ஆனால் கீழ்வரும் பண்பு சாதாரண நேர்கோட்டு முக்கோணத்தின் பண்பிலிருந்து வேறுபட்டதாகும்.

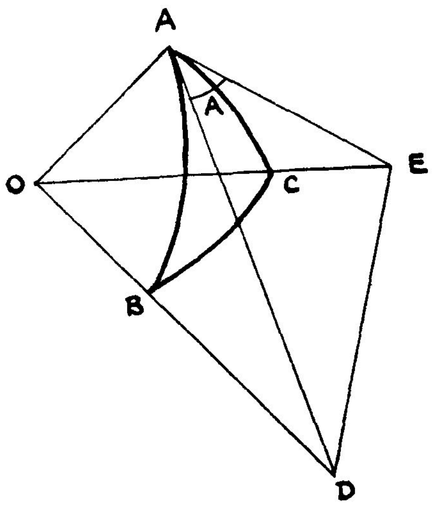
'ஒரு கோள முக்கோணத்தின் மூன்று கோணங்களின் கூட்டுத் தொகை 180°க்கு மிகுதியாகும்.'

(உண்மையில் ஒரு கோள முக்கோணத்தின் மூன்று கோணங்களின் கூட்டுத்தொகை 2 செங்கோணங்களுக்கு மிகுதியாகவும் 6 செங்கோணங்களுக்குக் குறைவாகவும் காணப்படும்.)

6. கோள முக்கோணத்திற்குரிய கோண கணித தேற்றங்கள்

பின்வரும் தேற்றங்களைக் கொண்டு ஏதேனும் மூன்று உறுப்புகள் கொடுக்கப்பட்டால், மற்ற உறுப்புகளைக் கணக்கிடலாம்.

(i) $\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$ (The cosine formula)



படம் 9-9

ABC என்பது கோள முக்கோணம். *O* என்பது கோள மையம். *AB* என்ற வில்லிற்கு *A*யிடம் வரையும் தொடுகோடு *OB*ஐ *D*யில் சந்திக்கட்டும். இதேபோல், *AC* என்ற வில்லுக்கு *A*யிடம் வரையும் தொடுகோடு *OC*ஐ *E*யில் சந்திக்கட்டும். *DE*ஐ சேர்க்கவும். வரையறையின்படி, $\angle DAE$, கோள முக்கோணத்தின் $\angle A$ ஆகும்.

பக்கம் a = வில் $BC = \angle BOC = \angle DOE$

முக்கோணம் *EAD* யிலிருந்து,

$$DE^2 = AD^2 + AE^2 - 2AD\ AE \cos A$$

முக்கோணம் *EOD*யிலிருந்து,

$$DE^2 = DO^2 + OE^2 - 2OD\,OE \cos a$$

$\therefore AD^2 + AE^2 - 2AD\ AE \cos A = DO^2 + OE^2 - 2OD\ OE \cos a$

மேலும் $\angle OAD$, $\angle OAE$ செங்கோணங்களாதலால், $DO^2 = OA^2 + AD^2$, $OE^2 = OA^2 + AE^2$ இவற்றை வலக் கைப் பக்கம் பிரதியிடுக.

$$\therefore AD^2 + AE^2 - 2\,AD \cdot AE \cos A = OA^2 + AD^2 + OA^2 + AE^2 - 2\,OD \cdot OE \cos a$$

$$\therefore 2\,OD \cdot OE \cos a = 2\,OA^2 + 2\,AD \cdot AE \cos A$$

$$\therefore \text{Cos}\, a = \frac{OA^2}{OD \cdot OE} + \frac{AD \cdot AE}{OD \cdot OE} \cos A$$

$$= \frac{OA}{OE} \cdot \frac{OA}{OD} + \frac{AE}{OE} \cdot \frac{AD}{OD} \cos A$$

$$\therefore \cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

(ii) The sine formula $\dfrac{\sin A}{\sin a} = \dfrac{\sin B}{\sin b} = \dfrac{\sin C}{\sin c}$

(i)லிருந்து, $\cos A = \dfrac{\cos a - \cos b \cos c}{\sin b \sin c}$

$$\therefore \sin^2 A = 1 - \cos^2 A$$

$$= \frac{1 - \cos^2 a - \cos^2 b - \cos^2 c + 2 \cos a \cos b \cos c}{\sin^2 b \sin^2 c}$$

$\cos A$க்கு பிரதியிட்டுச் சுருக்கியபின்

$$\therefore \sin A = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 a - \cos^2 b - \cos^2 c + 2 \cos a \cos b \cos c}}{\sin b \sin c}$$

$$= \frac{n}{\sin b \sin c} \text{ (say)}$$

$$\therefore \frac{\sin A}{\sin a} = \frac{n}{\sin a \sin b \sin c};$$ இதேபோல

$$\frac{\sin B}{\sin b} = \frac{n}{\sin a \sin b \sin c}$$

$$\frac{\sin C}{\sin c} = \frac{n}{\sin a \sin b \sin c}$$

$$\therefore \frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b} = \frac{\sin C}{\sin c}$$

(iii) நான்கு அடுத்தடுத்த உறுப்புகளின் சம்பந்தம் (Cotangent formula) :

(i)லிருந்து $\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$ (*a*)

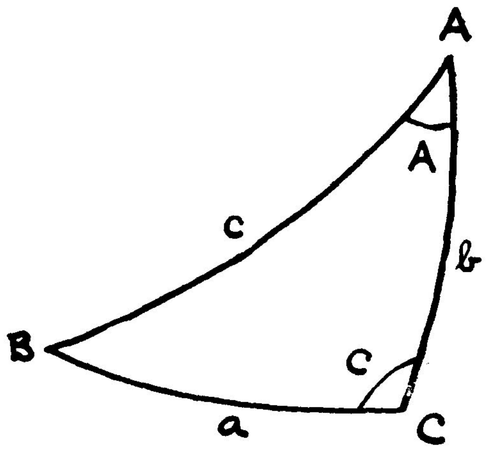
ஆனால், $\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C$ (*b*)

$$\sin c = \frac{\sin a \sin C}{\sin A} \qquad (c)$$

(*b*), (*c*)யிலிருந்து (*a*)யில் பிரதியிட்டுச் சுருக்கி, $\sin a \sin b$ஆல் வகுக்க,

$\cos b \cos C = \sin b \cot a - \sin C \cot A$ என வரும்.

இச் சூத்தரத்தைப் பின்வரும் வகையில் நினைவு கூறலாம்.



படம் 9-10

a, $\angle c$, b, $\angle A$ என்பன அடுத்தடுத்த நான்கு உறுப்புகள். இவற்றுள் $\angle c$, b உள் உறுப்புகள்.

(அ-து) $\angle c$ உள்கோணம், b உள்பக்கம். a மற்ற பக்கம், $\angle A$ மற்ற கோணம் எனக் கொண்டால்,

(iii) வருவித்த சூத்திரத்தைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்

cos (உட்பக்கம்) × cos (உட்கோணம்)

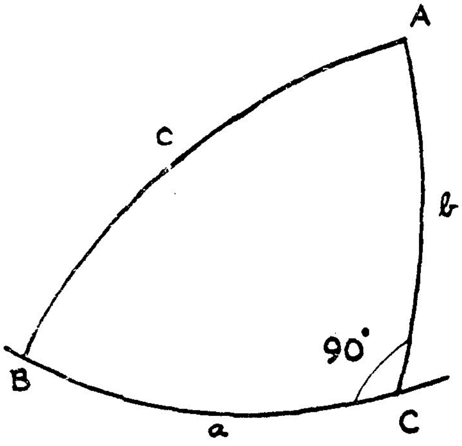
= sin (உட்பக்கம்) × cot (மற்ற பக்கம்)

— sin (உட்கோணம்) × cot (மற்ற கோணம்)

இவ்வாறே வேறெந்த அடுத்தடுத்த 4 உறுப்புகளுக்கும் உள்ள சம்பந்தத்தை உடனடியாக எழுதலாம்.

7. செங்கோண முக்கோணங்கள் (Rt. angled Triangles)

ஒரு கோள முக்கோணத்தில் ஒரு கோணம் 90° ஆக இருந்தால், அது ஒரு செங்கோண முக்கோணமெனப்படும்.



படம் 9-11

படத்தில் $\angle c = 90°$

செம்பக்கம் (hypotenuse) AB

(i) $\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C$

$\cos c = \cos a \cos b \quad [\because \angle C = 90° = \cos C = 0]$

(ii) $\dfrac{\sin a}{\sin A} = \dfrac{\sin b}{\sin B} = \dfrac{\sin c}{\sin C} = \sin c$

$[\because \sin C = \sin 90° = 1]$

$\therefore \sin a = \sin A \sin c$

$\sin b = \sin B \sin c$

(iii) a, $\angle C$, b, $\angle A$ என்பன அடுத்தடுத்த நான்கு உறுப்புகள்.

$\cos b \cos C = \sin b \cot a - \sin C \cot A$

$\because \angle C = 90°, \cos C = 0; \sin C = 1$

$0 = \sin b \cot a - \cot A$

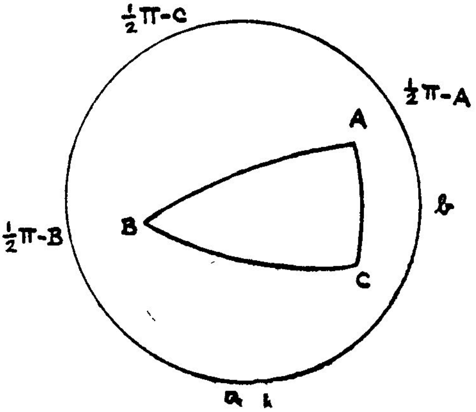
$\therefore \sin b \cot a = \cot A$

$\sin b = \tan a \cot A$

8. நேப்பியர் விதி (Napier's Rule)

செங்கோண முக்கோணத்தைச் சார்ந்த மேற்கூறிய பலன் களை 6ஆம் பிரிவில் கண்ட பொது பலன்களிலிருந்து $C = 90°$ எனப் பிரதியிட்டுப் பெற்றோம்.

ஆனால் மேற்கூறிய பலன்கள் யாவற்றையும் நேப்பியர் விதியின்படி எளிதில் எழுதலாம்.



படம் 9-12

$\angle C$ செங்கோணம் எனில், முக்கோணத்தைச் சுற்றி வட்டம் வரைந்து BCக்கு எதிரே aயும், CAக்கு எதிரில் bயும், Aக்கு மேல் $\frac{1}{2}\pi - A$யும், ABக்கு எதிரில் $\frac{1}{2}\pi - c$யும், Bக்கு எதிரில் $\frac{1}{2}\pi - B$யும் எழுதிக் கொள்ளவும்.

a, b, $\frac{1}{2}\pi - A$, $\frac{1}{2}\pi - c$, $\frac{1}{2}\pi - B$ என்பன வட்டப்பகுதிகள் (circular parts) எனப்படும்.

இவற்றுள் ஏதேனும் ஒன்றை நடு உறுப்பு (middle) என எடுத்துக் கொண்டால், அதற்கு இரு பக்கங்களிலும் உள்ள உறுப் புகள் 'அடுத்த' (adjacent) உறுப்புகள் என்றும், அவையல்லாத உறுப்புகள் 'எதிர்' (opposite) உறுப்புகள் என்றும் கூறப்படும்.

இப்பொழுது நேப்பியர் விதிகள் பின்வருமாறு

(i) sin (நடு உறுப்பு) = 'அடுத்த' உறுப்புகளின் 'tan'களின் பெருக்குத்தொகை

(ii) sin (நடு உறுப்பு) = 'எதிர்' உறுப்புகளின் 'cosine' களின் பெருக்குத்தொகை

[sin middle part = product of tangents of adjacent parts
= product of cosines of opposites]

உதாரணம் 1 : $\sin(\frac{1}{2}\pi - c) = \tan(\frac{1}{2}\pi - A)\ \tan(\frac{1}{2}\pi - B)$ [tangents of adjacents]

$(\frac{1}{2}\pi - c)$ நடு உறுப்பு (middle part) $\cos c = \cot A \cdot \cot B$

உதாரணம் 2 : a நடு உறுப்பு

$\sin a = \cos(\frac{1}{2}\pi - c) \cdot \cos(\frac{1}{2}\pi - A)$ [cosines of opposites]

$\sin a = \sin c \sin A.$

இவ்வாறே செங்கோண முக்கோணத்திற்குரிய மற்றத் தொடர்புகளையும் நேப்பியரின் விதிகளின் துணைகொண்டு உடனடியாக எழுதலாம்.

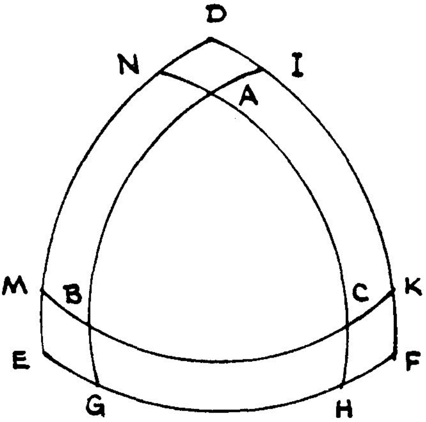
9. கோள முக்கோணத்தின் துருவ முக்கோணம் (The Polar triangle of a Spherical triangle)

வரையறை : ABC ஒரு கோள முக்கோணம். BC என்ற பெரு வட்டத்தின் இரு துருவங்களில், A இருக்கும் பக்கமே இருக்கும் துருவம் D என்க. இவ்வாறே CA, ABன் துருவங்கள் E, F ஆகுக எனின் DEF என்ற கோள முக்கோணம் ABC என்ற கோள முக்கோணத்தின் துருவ முக்கோணம் (Polar triangle) எனப்படும்.

துருவ முக்கோணத்தின் பக்கங்கள், கோணங்கள் ஆகியவை கொடுத்த முக்கோணத்தின் கோணங்கள், பக்கங்களுடன் கொண்டுள்ள தொடர்புகளைக் காணல்.

ABC கொடுக்கப்பட்ட கோள முக்கோணம்.

A, *B*, *C*ஐ துருவங்களாகக் கொண்டு *EF*, *FD*, *DE* என்னும் வில்களை வரைக. இவைகளினால் உருவாகும் முக்கோணம் *DEF*. இது *ABC*ன் துருவ முக்கோணம் எனக் காண்பித்து அவற்றின் கோணங்களையும் பக்கங்களையும் காண்போம்.



படம் 9-13

A ஆனது *EF*ன் துருவமாதலால், *AE* ஒரு கால் வட்டம்

C ஆனது *DE*ன் துருவமாதலால், *CE* ஒரு கால்வட்டம்

EA, *EC* கால் வட்டங்களாதலால், *E* ஆனது *AC*ன் துருவம், இதேபோல், *F* ஆனது *AB*ன் துருவம், *D* ஆனது *BC*ன் துருவம்.

∴ *DEF* ஆனது *ABC*ன் துருவ முக்கோணமாகும்.

இனி *BC*, *CA*, *AB* ஆகியவற்றை நீட்டி. இவை *DEF* என்ற கோள முக்கோணத்தின் பக்கங்களைச் சந்திக்கும் புள்ளிகளை *M*,*K*, *N*,*H*; *G*,*I* எனக் குறிப்பிடு.

இனி, *A* ஆனது *EF*ன் துருவமாதலால், கோணம் *A* ஆனது *GH*ஆல் அளக்கப்படுகிறது. மேலும் *EH*, *FG* கால் வட்டங்கள்.

$$\therefore \text{பக்கம் } EF = EH + HF = EH + GF - GH$$
$$= 90^\circ + 90^\circ - A = 180 - A$$

இதேபோல், பக்கம் $FD = 180-B$, பக்கம் $ED = 180-C$

ஆகவே துருவ முக்கோணத்தின் பக்கங்கள் a_1, b_1, c_1 எனின்

$$a_1 = \pi - A;\ b_1 = \pi - B.\ c_1 = \pi - C$$

$$\therefore\ A = \pi - a_1,\ B = \pi - b_1;\ C = \pi - c_1$$

மற்றும், MKன் துருவம் D ஆதலால், $\angle D$ ஆனது MK ஆல் அளக்கப்படுகிறது.

D, E, F என்ற கோணங்களை A_1, B_1, C_1 எனக் குறிப்பிட்டால்

$$A_1 = D = MK = MC + CK = MC + BK - BC$$

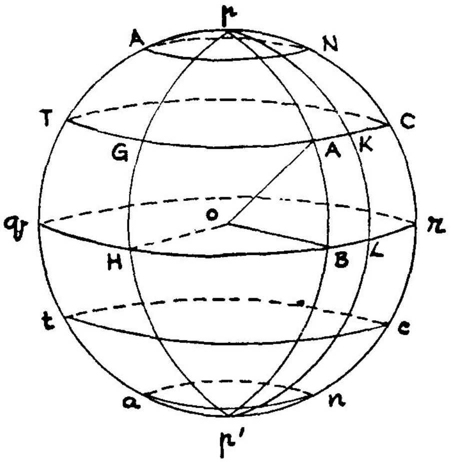
$$= 90° + 90° - BC = 180 - a$$

$$= \pi - a$$

இதேபோல், $B_1 = \pi - b;\ C_1 = \pi - c$

10. பூமியைப்பற்றிய சில விவரங்கள்

பூமியின் ஆரம் ஏறத்தாழ 3960 மைல் அல்லது 6868 கிலோ மீடர் எனக் கொள்ளப்படுகிறது.



படம் 10-1

பூமி தனது ஒரு விட்டத்தை அச்சாகக் கொண்டு நாளொரு முறை சுழன்று வருகிறது. இவ்விட்டத்திற்குத் துருவ அச்சு என்று பெயர் (Polar axis of rotation). இது படத்தில் *pp'*ஆல் குறிக்கப் படுகிறது. பூமியின் மையம் வழியாக இவ்வச்சுக்குச் செங்குத் தான தளம் பூமியை வெட்டும் பெருவட்ட வரம்புக்கோடு பூமி யின் உலக நடுவரை (Terrestrial Equator) எனப்படும். அப்பெரு வட்ட தளத்திற்கு இணையான தளங்களால் வெட்டப்படும் சிறு வட்ட வரம்புக் கோடுகள் அட்சரேகைகள் (Parallels of Latitude) எனப்படும். படத்தில் *TC*, *AN*, *tc*, *an* என்பன அட்சரேகைகள்

ஆகும். இரு துருவங்கள் (p, p') வழியாகச் செல்லும் பெரு வட்டக் கோடுகள் தீர்க்க ரேகைகள் (Meridians of Longitude) எனப்படும். படத்தில் $pABp'$ என்பது ஒரு தீர்க்க ரேகையாகும்.

பூமியில் ஓர் இடத்தின் அகலாங்கு (Latitude) என்பது பூமியின் நடுவரையிலிருந்து குறிப்பிட்ட அவ்விடம் வழியாகச் செல்லும் அட்ச ரேகையின் கோண தூரமாகும். நடுவரையிலுள்ள இடங்கள் யாவும் 0° அகலாங்கில் உள்ளன.

நெட்டாங்கு அளக்க இங்கிலாந்தில் உள்ள கிரீனிச் (Greenwich) நகரம் வழியாகச் செல்லும் தீர்க்க ரேகையை ஆதியாகக் கொண்டு மற்ற இடங்களின் நெட்டாங்குகள் அளவிடப்படுகின்றன. கிரீனிச் நகரம் 0° தீர்க்க ரேகையில் உள்ளது. இது படத்தில் Gஆல் குறிக்கப்பட்டிருக்கிறது. pGp' என்பது 0° தீர்க்க ரேகை. ஓர் இடத்தின் நெட்டாங்கு என்பது கிரீனிச் வழியாகச் செல்லும் தீர்க்க ரேகைக்கும் குறிப்பிட்ட இடத்தின் வழியாகச் செல்லும் தீர்க்க ரேகைக்கும் இடைப்பட்ட கோணமாகும். கிரீனிச்சுக்குக் கிழக்கேயுள்ள இடங்கள் 0° முதல் 180° கிழக்கு நெட்டாங்கு பெற்றவையாகும். இதேபோல் மேற்கேயுள்ள இடங்கள் 0° முதல் 180° மேற்கு நெட்டாங்கு பெற்றவை எனப்படும்

பூமியின் மீதுள்ள ஓர் இடத்தை அதன் நெட்டாங்கு, அகலாங்கு கொண்டு இடங்குறிக்கலாம்.

உதாரணமாக, A என்னுமிடத்தின் நெட்டாங்கு, அகலாங்கு முறையே $\angle HOB$, $\angle BOA$ (அ-து) (வில் HB, வில் BA) இந்த நெட்டாங்கு, அகலாங்கு காணும் முறைகள் பின் விவரிக்கப்பட்டுள்ளன.

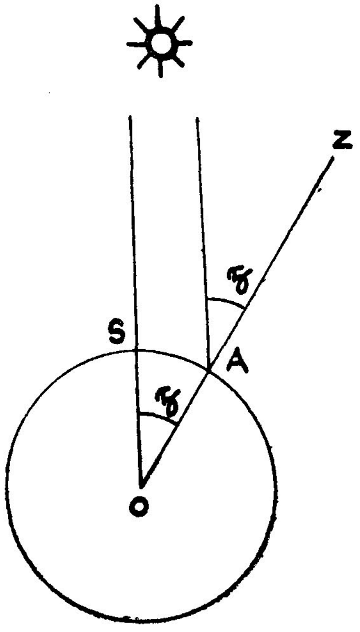
வடக்கு $23\frac{1}{2}°$ அட்சரேகை கடகரேகை (Tropic of Cancer) எனவும், வடக்கு $66\frac{1}{2}°$ அட்சரேகை ஆர்க்டிக் வட்டமெனவும் (Arctic circle) பெயர் பெறும். இவ்வாறே தெற்கு $23\frac{1}{2}°$ அட்சரேகை மகரரேகை எனவும் தெற்கே $66\frac{1}{2}°$ அட்சரேகை அண்டார்க்டிக் வட்டமெனவும் (Antarctic circle) பெயர் பெறும். 0° அட்சரேகை முதல் $23\frac{1}{2}°$ வடக்கு அட்சரேகை வரை உள்ள மண்டலத்திற்கு வடக்கு வெப்ப மண்டலம் (North Torrid Zone) எனப் பெயர். வடக்கு $23\frac{1}{2}°$ அட்சரேகையிலிருந்து வடக்கு $66\frac{1}{2}°$ வரை உள்ள மண்டலத்திற்கு வடக்கு மிதவெப்ப மண்டலம்

(North Temperate Zone) எனப் பெயர். வடக்கு $66\frac{1}{2}°$ முதல் வடக்கு 90° அட்சரேகை வரை உள்ள மண்டலத்திற்கு வடக்கு குளிர் மண்டலம் (North Frigid Zone) எனப் பெயர்.

இதேபோல், 0° முதல் தெற்கே $23\frac{1}{2}°$ வரை தெற்கு வெப்ப மண்டலம் எனவும், தெற்கே $23\frac{1}{2}°$ முதல் தெற்கே $66\frac{1}{2}°$ வரை தெற்கு மிதவெப்ப மண்டலம் எனவும், தெற்கே $66\frac{1}{2}°$ முதல் தெற்கே 90° வரை தெற்கு குளிர் மண்டலம் எனவும் பெயர் பெறும். இவை யாவும் கற்பனைக் கோடுகளே.

2. பூமியின் சுற்றளவு காணல்

இடத்திற்கு இடம் வான உச்சி மாறுபடுவதைப் பயன்படுத்தி கி.மு. 276—186ல் வாழ்ந்த ஏரடோஸ்தனஸ் (Erotesthenes) எனும் கிரேக்கர் பூமியின் சுற்றளவைக் கண்டார்.

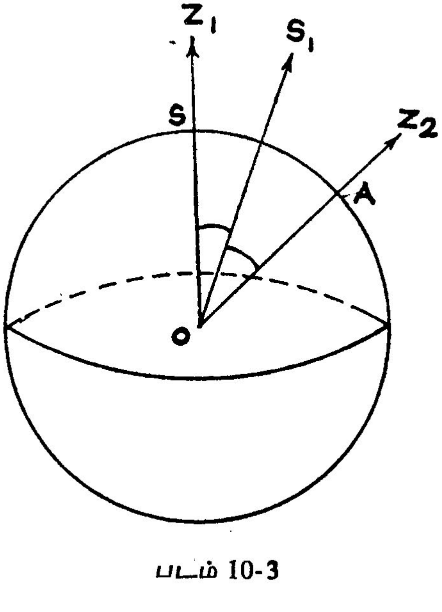


படம் 10-2

படத்தில் *S*, சையன் (Syene) இப்போது அசுவன் (Aswan) என்னும் ஊரையும், அதே தீர்க்க ரேகையில் அமையும் அலக்சாந் திரியா நகரையும் குறிக்கின்றன. சையன் எனும் ஊருக்கு நேர்

வான உச்சியில் சூரியன் இருக்கும்போது, அலக்சாந்திரியா நகரில் உச்சியிலிருந்து 7·2° சாய்வில் காணப்படுகிறது. இவ்வாறு இரண்டு ஊர்களைச் சேர்க்கும் 5000 ஸ்டேடியம் (ஒரு ஸ்டேடியம் = 607 சதுர அடி) நீளமுள்ள வட்ட வில் பூமியில் 7·2° கோணம் ஏற்படுத்துகிறது. இதிலிருந்து பூமியின் சுற்றளவு $\frac{360}{7 \cdot 2} \times 5000$ = 2,50,000 ஸ்டேடியம் (அதாவது) 28,742 மைல்கள் என ஏரடோஸ்தனஸ் கண்டார். சரியான சுற்றளவு தோராயமாக 24,870 மைல்களாகும்.

குறிப்பு : இதே முறையைத்தான் நாம் இப்போதும் பயன் படுத்துகிறோம். *A*யும், *S*உம் ஒரே தீர்க்கரேகையில் இருப்ப



படம் 10-3

தால், ஏதேனும் ஒரு நட்சத்திரம் S_1 இந்த இரு இடங்களின் உச்சிவரையை ஒரே தருணத்தில் கடக்கும். அப்போது அதன் உச்சிதூரங்கள் Z_1OS_1 உம் Z_2OS_1—உம் முறையே *S*, *A* இடங்களில் அளக்கப்படுகின்றன.

$\angle AOS = \angle Z_1OS_1 + \angle Z_2OS_1$

வில் *AS*உம், $\angle AOS$ம் அறிவதால்,

ஆரம் *OA*ஐக் கணக்கிடலாம்.

11. வானக் கோளம்
(CELESTIAL SPHERE)

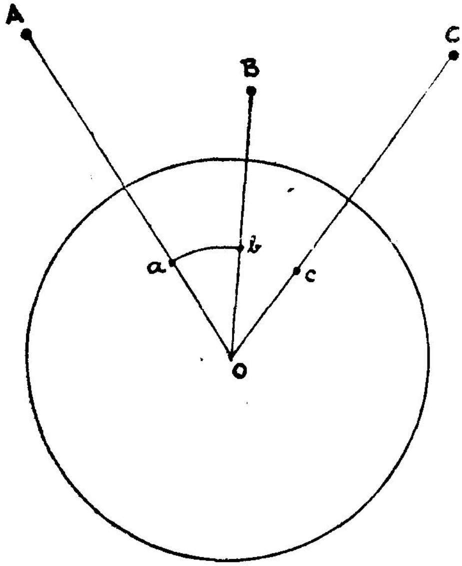
1. வானத்தில் நட்சத்திரங்களைப் பார்க்கும் நமக்கு அவை யாவும் ஒரு கோளப் பரப்பின் மீது பதிக்கப்பட்டிருப்பதுபோல் காட்சியளிக்கின்றன. இக் கோளப் பரப்பை உற்று நோக்கினால், நமக்குச் சில நட்சத்திரங்கள் மறைவதும், வேறு சில நட்சத்திரங்கள் உதயமாவதும், மற்றவை இடம் பெயர்ந்திருப்பதும் தெரிய வரும். மேலும் இடம் பெயர்ந்து தோற்றமளிக்கும் நட்சத்திரங்கள் தங்களுக்கு இடைப்பட்ட தூரங்கள் மாறாமலே இடம் பெயர்ந்திருப்பதும் நமக்குப் புலப்படும்.

நாம் வானத்தைப் பார்த்தால், அது பூமிக்கு மேல் ஓர் அரை கோள வடிவில் காணப்படுகிறது. நடுக் கடலில், ஒரு கப்பல் தளத்திலிருந்து பார்த்தால் இந்த அரைக்கோள வடிவத்தை நன்றாகப் பார்க்கலாம். நாம் காணும் தோற்றக் காட்சி அடிப்படையில் நம்மை மையமாகக்கொண்டே ஒரு கற்பனைக் கோளத்தின் மீது நட்சத்திரங்கள் எல்லாம் பதிக்கப்பட்டு அது அப்படியே சுழலுவது போல் நமக்குத் தெரிகிறது.

இப்படிக் கற்பனை செய்யும் கோளமே '**வானக் கோளம்**' (Celestial Sphere) எனப்படும்.

இக்கோணத்தின் மையம் O எனக் கொள்வோம். A, B, C என்ற மூன்று நட்சத்திரங்கள் பூமியிலிருந்து வெவ்வேறு தூரங்களில் உள்ளன. OA, OB, OC என்பவை வானக் கோளத்தை முறையே a, b, c என்ற புள்ளிகளில் வெட்டட்டும். O என்ற மையத்திலிருக்கும் பார்வையாளனுக்கு A, B, C என்ற விண்மீன்கள் a, b, c என்ற புள்ளிகளில் இருப்பது போல் தோற்றமளிக்கும். A-க்கும் B-க்கும் உள்ள தூரம் $\angle AOB$ என்ற கோணத்தால் அளவிடப்படுகிறது (ab ஒரு பெரு வட்ட வில்). வானியல் ஆராய்ச்சியில் தூரங்கள் கோணத்தின் அடிப்படையில் அளக்கப்படுகின்றன. $\angle AOB = 10°$ எனில், A, B ஆகிய இரு நட்சத்திரங்களையும் பார்வையாளனோடு இணைக்கும் நேர்கோடுகள் ஒன்றுக்கொன்று 20° அளவில் சாய்ந்திருக்கின்றன என்பது இதன்

பொருள். வானக் கோளத்தின் ஆரம் எதுவாக இருப்பினும் இருக்கலாம். ஆனால் வானக் கோளத்தின் ஆரம் சூரியனுக்கும் பூமிக்கும் உள்ள தூரத்தைப்போல் பன்மடங்கு பெரிதாகக்



படம் 11-1

கொள்வது மரபு. ஏனெனில் பூமியே அவ்வானக் கோளத்தின் நடுவில் ஒரு புள்ளி எனக் கொள்ளுமளவிற்குச் சிறியதாயிருக்கும். இதனால் பூமியில் எப்பகுதியில் பார்வையாளன் இருப்பினும், அவன் வானத்தின் மையத்தில் இருப்பதாகக்கொள்ளலாம்.

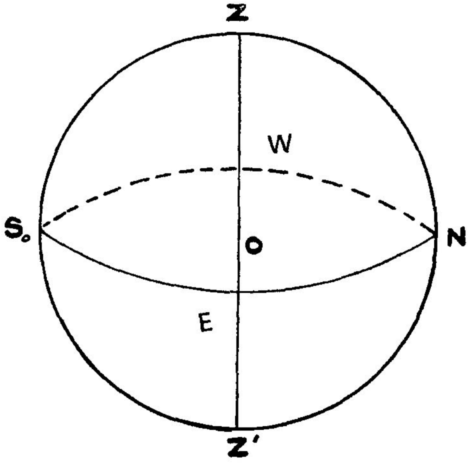
2. தொடுவானம் (அடிவானம்), உச்சி (The Celestial Horizon, Zenith)

வான உச்சி: வானத்தில் தலைக்கு நேர் மேலே உள்ள இடம். இன்னும் திட்டமாகக் கூறவேண்டுமானால், பின்வருமாறு விளக்கலாம். வானக் கோளத்தின் மையம் O. அங்குப் பார்வையாளன் இருக்கிறான். அங்குத் தொங்கவிடப்படும் குண்டுக் கயிற்றைக் (Plumb line) குறிக்கும் கோடு ZOZ' எனக் கொள்க. இக் கோடு

நீட்டப்பட்டு வானக் கோளத்தைக் காட்சியாளன் தலைக்கு மேல் வெட்டுமிடம் Z, வான உச்சிப்புள்ளி (Zenith) எனவும், வானக் கோளத்தில் இதற்கு நேரெதிர்ப் புள்ளி Z' நேர்க்கீழ்ப் புள்ளி (Nadir) எனவும் கூறப்படும்.

O வழியாக, ZOZ' ஐ தனது செங்குத்துக் கோடாகக்கொண்ட தளம் அவ்விடத்திற்குரிய **தொடுவான தளம்** (Plane of the Celestial Horizon) எனப்படும். இத்தொடுவான தளம் பார்வையாளனின் வானக் கோளத்தை வெட்டுமுகமான NS_0 என்ற பெருவட்டமே **வானத் தொடுவானம் (Celestial Horizon)** எனப்படும்.

இதையே வேறு விதமாகவும் விவரிக்கலாம். வானக் கோளத்தின் மையத்தில் நாம் இருக்கிறோம். நம்மைச் சுற்றிப் பார்த்தால் வானம் ஒரு வட்டத்தில் பூமியைத் தொடுவதுபோல் காணப்படும். இந்தப் பெரிய வட்டத்திற்குக் கீழே வானம் காணப் படுவதில்லை. ஆகவே வானக் கோளத்தின் இந்த வட்டத்திற்குத் தொடுவானம் அல்லது அடிவானம் என்று பெயர்.



படம் 11-2

(அ-து) பூமியைச் சுற்றிலும் வானம் தொடுவது போன்று காணும் வட்டம் அடிவானம் எனப்படும்.

Oவின் வழியாக பூமிக்கு வரையப்படும் தொடுதளத்தையும் (Tangent plane) தொடுவான தளமெனக் கொள்ளலாம்.

துருவ நட்சத்திரம் இருக்கும் திசையே வானவெளியில் பூமியின் சுழல் அச்சு அமையும் திசையாகும். இவ்வச்சு பூமி சூரியனைச் சுற்றிச் செல்லும் தடத்திற்குச் செங்குத்தாக இல்லாமல் செங்குத்துத் திசைக்கும் $23\frac{1}{2}°$ சாய்ந்திருக்கிறது.

p, p' என்ற பூமியின் துருவங்களை அச்சாகக்கொண்டு பூமி நாளொருமுறை தன்னைத்தானே சுற்றிக்கொள்கிறது. இவ்வச்சுக்கு இணையாக வானக்கோள மையம் O வழியாக ஓர் அச்சு POP' எடுத்துக்கொள்வோம், இவ்வச்சு, வானக்கோளத்தை P, P' என்ற இரு புள்ளிகளில் வெட்டட்டும். P என்பது வான வட துருவம் (Celestial North Pole), P' என்பது வான தென்துருவம் (Celestial South Pole) என்று கூறப்படும். வான வடதுருவம் பூமியின் வடபாகத்தில் உள்ளவர்க்கு வானத்தில் வடக்கே நிலையாகக் காணப்படும். இதேபோல் தென்துருவம் தெற்கே உள்ளவர்க்கு நிலையாகத் தோன்றும்.

O வழியாக POP'ஐ செங்குத்துக் கோடாகக்கொண்ட தளம், வானக் கோளத்தை வெட்டுமுகம் ஒரு பெருவட்டம் QR எனக் கிடைக்கும். இப்பெருவட்டம் வான நடுவரை (Celestial Equator) எனப்படும்.

வானக் கோளத்தின் மையத்திலிருக்கும் பார்வையாளன் தன்னைச் சுற்றியிருக்கும் கோளமானது விண்மீன்கள் யாவற்றையும் தாங்கிக்கொண்டு பூமியின் சுழலச்சு pp'க்கு இணையாக உள்ள pp'ஐ அச்சாகக்கொண்டு வானக்கோளம் கிழக்கு மேற்காகச் சுழலுவதைக் கவனிப்பான். சூரியன், நட்சத்திரங்கள் யாவும் வான நடுவரை மீதோ அல்லது அதற்கு இணையாக உள்ள சிறு வட்டங்கள் மீதும் கிழக்கு மேற்காகச் சுழலும். விண்மீனுக்கு விண்மீன் உள்ள கோண தூரம் அல்லது இடைவெளி மாறாமலிருக்கும். இவ்விதம் வானக்கோளம் PP'ஐ அச்சாகக் கொண்டு சுற்றுவது ஒரு சீரான இயக்கமாகும். ஒரு முழுச்சுற்று சுற்றுவதற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் காலம் எல்லா வானப் பொருள்களுக்கும் ஒன்றேயாகும் (அ-து) 23 மணி 56 நிமிடம் 4 விநாடி. இதுவே ஒரு மீன்வழி நாளாகும்

வான உச்சி வட்டம் (Celestial Meridian): உச்சி, ஒரு துருவப் புள்ளி வழியாகச் செல்லும் பெருவட்டம் உச்சி வட்டம் எனப் படும். S_oZPN என்பது உச்சி வட்டம்.

நிலைக் குத்துவட்டங்கள் (Vertical Circles) : உச்சி, கீழ்ப்புள்ளி (Z, Z') என்ற இருபுள்ளிகள் வழியாகச் செல்லும் பெருவட்டங்கள் யாவும், அடிவானத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கும். இவை யாவும் நிலைக் குத்துவட்டங்கள் எனப்படும்.

மூலக் குத்துவட்டம் (Prime Vertical) : உச்சி வழியாக, உச்சி வட்டத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கும் பெருவட்டம் மூலக்குத்து வட்டமெனப்படும். படத்தில் $EZWZ'$ என்பது மூலக் குத்து வட்டமாகும்.

வடக்கு, தெற்கு, கிழக்கு, மேற்குப் புள்ளிகள் : உச்சி வட்டமும், தொடுவானமும் வெட்டிக்கொள்ளும் இடங்கள் N, S_o முறையே வடபுள்ளி, தென்புள்ளி எனப்படும். வான வடதுருவத்திற்கு அருகில் உள்ள புள்ளி வடக்கு எனப்படும். அதற்கு எதிரிடம் தெற்கு எனப்படும்.

மூலக் குத்துவட்டமும் தொடுவானமும் வெட்டிக்கொள்ளும் இடங்கள் E, W முறையே கிழக்குப் புள்ளி, மேற்குப் புள்ளி எனப்படும். வடக்குப் புள்ளியிலிருந்து வலமாகக் கால் வட்டம் திரும்ப அடிவானத்தில் காணப்படும் புள்ளி கிழக்கு. இதற்கு அடிவானத்தில் நேரெதிர் புள்ளி மேற்கு. இந்நான்கு புள்ளிகள் N, S_o, E, W வானக் கோளத்தின் முக்கியமான புள்ளிகள் (Cardinal Points) எனப்படும்.

பின் வரும் குறிப்புகளைக் கவனிக்கவும்.

1. தொடுவானமும், நடுவரையும் E, W என்ற இடங்களில் வெட்டிக்கொள்ளும்.

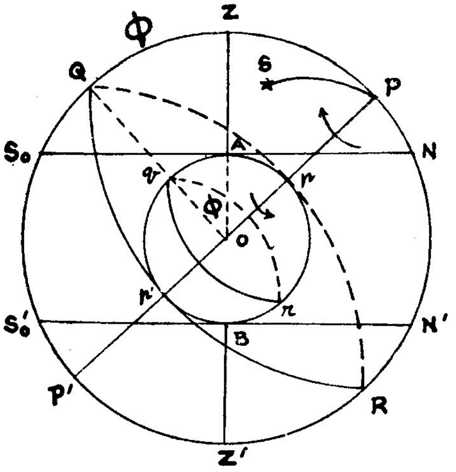
2. E, W என்பவை உச்சி வட்டத்தின் துருவங்கள்.

3. N, S_o என்பவை மூலக் குத்துவட்டத்தின் துருவங்கள்.

4. தொடுவான தளத்தில் நேர்கோடுகள் NS_oஉம், EWஉம் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக இருக்கும்.

5. வான உச்சிவட்டம், மூலக் குத்துவட்டம் இரண்டும் தொடுவானத்திற்குச் செங்குத்தானவை.

3. ஓர் இடத்தில் தொடுவானத்திலிருந்து வானதுருவ உயரம் (அல்லது வானதுருவத்தின் ஏற்ற கோணம்) அவ்விடத்தின் அகலாங்குக்குச் சமம் (அகலாங்கு = அட்சரேகை மதிப்பு = latitude of the place) என நிறுவுதல் (The altitude of the celestial pole is equal to the latitude of the place)



படம் 11-3

பூமியின் மையம் O, பூமியின் துருவங்கள் p, p', பூமியின் நடுவரை qr. A என்பது பூமியின் மேற்பரப்பின் மீதுள்ள இடம். அவ்விடத்தில் வானக்கோளம் வரைக; Aயின் அகலாங்கு ϕ என்க.

Aயின் அகலாங்கு $= \phi$ வில் $Aq = \angle AOQ = \angle ZOQ =$ வில் ZQ

$\therefore \quad ZOP = 90 - \phi$

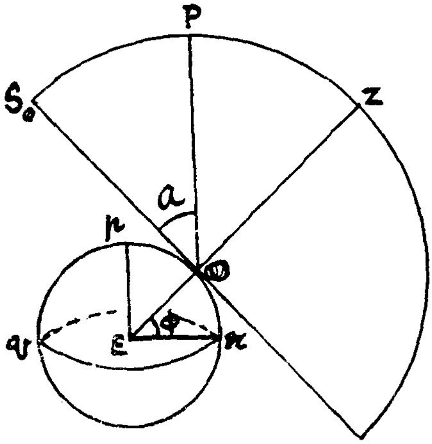
Pயின் உயரம் $=$ வில் $NP = \angle NOP = \angle NOZ - \angle ZOP$
$= 90° - (90 - \phi) = \phi$

$\therefore$ பார்வையாளன் உள்ள இடத்தில், தொடுவானத்திலிருந்து Pயின் உயரம் அவ்விடத்தின் அகலாங்குக்குச் சமம்.

இதையே மற்றொரு வகையிலும் நிறுவலாம்.

மாற்று நிரூபணம் :

படத்தில் E என்பது பூமியின் மையத்தையும், $q\,r$ என்பது பூமியின் நடுவரையையும், p என்பது பூமியின் துருவத்தையும், O என்பது காட்சியாளன் உள்ள இடத்தையும் குறிக்கட்டும்.



படம் 11-4

$\angle OEr = \phi$, எனில்,

காட்சியாளன் உள்ள இடத்தின் அகலாங்கு (latitude) ϕ ஆகும். S_oO என்பது காட்சியாளனின் தொடுவானத்தையும், S_oPZ காட்சியாளனின் வானக் கோளத்தையும் குறிக்கின்றன. Z என்பது அவனது நேருச்சியையும் (Zenith), P என்பது வானக் கோள துருவத்தையும் (Pole) குறிக்கட்டும்.

துருவத்தின் உயரம் (altitude) $= \angle S_oOP = a$ என்க.

இப்பொழுது, $a = \phi$ என நிறுவவேண்டும்.

நிரூபணம் :

$$Ep \parallel OP$$

$$\therefore \angle POZ = \angle pEO, \text{ ஒத்தகோணம்}$$

இனி துருவத்தின் உயரம் $= a = \angle S_oOP = 90° - \angle POZ$

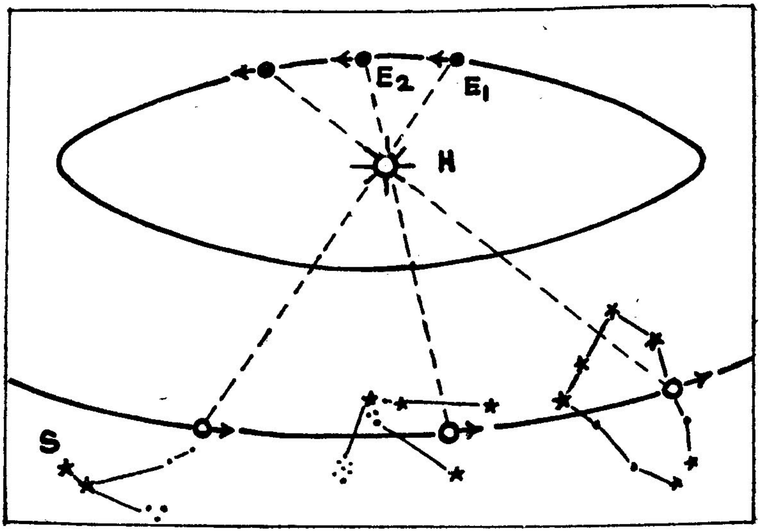
$= 90° - \angle pEO$

$= \angle OEr$

$= \phi$, இடத்தின் அகலாங்கு.

4. ஞாயிற்றுப் பாதை அல்லது சூரிய வீதி (Ecliptic)

பூமி தன் அச்சைப் பற்றிச் சுழல்வதால் சூரியன் கிழக்கு அடி வானத்தில் உதித்து உச்சிக்கு வந்து மேற்கே மறைவதாகக் காண் கிறோம். பூமி சுழல்வதுடன் நில்லாமல் சூரியனை ஒரு நீள் வட்டத்தில் இடமாகச் சுற்றுகின்றது. அதனால் சூரியன் எவ்வாறு இயங்குவதாக நமக்குத் தோற்றுகிறது என்பதைக் கவனிப்போம்.



படம் 11-5

படத்தில் சூரியனிருக்குமிடத்தை *H* எனக் குறித்துள்ளோம். பூமி E_1 என்னும் இடத்தில் இருக்கும்போது சூரியன் E_1H என்னும் திசையில் இருக்கிறான். அதே திசையில் வெகு தொலைவில் உள்ள நட்சத்திரம் *S* ஆகுக. பூமி E_2 எனும் இடத்திற்கு வரும்போது, சூரியன் E_2H என்னும் திசையில் இருக்கிறான். நட்சத்திரம் வெகு தொலைவில் உள்ளதால் E_2S எனும் திசை E_1 ১ எனும் திசைக்கு இணையாகும். E_2 எனும் இடத்தில் சூரியன், நட்சத்திரம் இருக்கும் திசைக்கு இடமாகக் காணப்படுகிறது. ஆகவே தோற்றத்திற்குச் சூரியன் ஒரு நாள் *S* எனும் நட்சத்திரம் இருக்கும் திசையிலிருக்கச் சில நாள் கழித்து அதற்கு இடமாக நகர்ந்ததாகக் காணப்படு கிறது. இடமாகப் பெயர்தல் என்றால் கிழக்காக நகர்வது.

என்றாகும். இவ்வாறு நட்சத்திரங்கள் ஒன்றற்கொன்று நிலை மாறாதிருக்க அவையிடையே சூரியன் கிழக்காக நகருவதைக் காணலாம்.

சூரியன் வானத்தில் இருக்கும்போது, நட்சத்திரங்களைக் காண இயலாதல்லவா? ஆகவே அதன் தோற்ற இயக்கத்தைப் பின்வருமாறு உணரலாம்.

சூரியன் மறைந்தவுடன், தலைக்கு நேர்மேலே காணும் நன்றாகத் தெரியும் நட்சத்திரங்களைக் கவனியுங்கள். இன்னும் சில வாரங்கள் கழித்து, கதிரவன் மறைந்தவுடன் அவை நேர் உச்சியில் இல்லாமல் மேற்கு வானில் காணப்படும். ஒன்று விண் மீன்கள் மேற்கே நகர்ந்திருக்கவேண்டும் அல்லது சூரியன் அவை களை நோக்கிக் கிழக்காக நகர்ந்திருக்கவேண்டும். ஆனால் நட்சத்திரங்கள் ஒன்றற்கொன்று இடம் மாறாமல் இருப்பதைக் காண்கிறோம். ஆகவே சூரியன்தான் தன் நிலைமாறிக் கிழக்காக நகர்ந்திருக்கவேண்டும் எனும் முடிவுக்கு வருகிறோம்.

எனவே கதிரவன் விண்மீன்கள் பின்னணியில் மேற்கிலிருந்து கிழக்கு நோக்கி நகர்ந்து செல்வது தெரியவருகிறது. சூரியனின் கிழக்கு நோக்கிய பயணம் ஆண்டு முழுவதும் நடந்து சரியாக ஓராண்டில் சூரியன் தன் பயணம் தொடங்கிய இடத்திற்கே மறு படியும் வந்து சேர்ந்துவிடுகிறான்.

மேலும் சூரியன் தினந்தோறும் தொடுவானில் உதிக்குமிடங் களில் மாற்றங்கள் இருப்பதையும், மார்ச்சு 21ஆம் தேதி செப்டம்பர் 23ஆம் தேதி என்ற இரு நாட்கள் மட்டும் சூரியன் நடுவரைமேல் போவதையும், மற்ற நாட்களில் சூரியன் நடு வரைக்கு மேலும், கீழும் நடுவரைக்கு இணையான சிறுவட்டங் களில் போவதையும் பார்க்கலாம்.

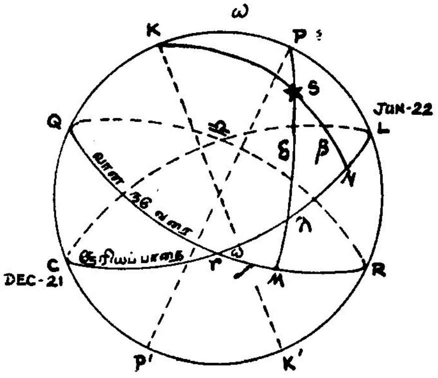
ஆக ஓராண்டுக் காலத்தில் விண்மீன்கள் பின்னணியில் சூரியன் கிழக்கு நோக்கியும், தெற்கு வடக்காகவும், வடக்குத் தெற்காகவும் செல்வது உணரப்படுகிறது.

மேற்கூறியவாறு ஓராண்டுக் காலத்தில் சூரியன் இடம் மாறு வதை வானக்கோளத்தில் வரைவோமானால், அதன் இடம் குறிக்கும் புள்ளிகள் யாவும், வான நடுவரையை 23° 27′ சாய்வில் வெட்டும் ஒரு பெருவட்டத்தில் அமைந்திருப்பதைக் காணலாம். இதற்குக் கதிரவன் தோற்றப்பாதை (Ecliptic) எனப்பெயர்.

வரையறை : ஓர் ஆண்டுக்காலத்தில், விண்மீன்கள் பின்னணியில் கதிரவனின் தோற்றப் பாதையே கதிரவன் பாதை (அல்லது) (Ecliptic) எனப்படும். இந்தப் பாதையை ஞாயிற்றுப்பாதை அல்லது சூரியவீதி (Ecliptic) என்று சொல்லுகிறோம். இது தோற்றமேயொழிய உண்மை அன்று.

பூமி சூரியனை ஆண்டுக்கொருமுறை சுற்றி வருவதன் விளைவாக இத் தோற்றப்பாதை நமக்குக் கிடைக்கிறது. உண்மையில் பூமி சூரியனைச் சுற்றிச் செல்லும் தடத்தின் தளம் வானக் கோளத்தை வெட்டும் வட்டமே இந்தச் சூரிய வீதியாகும் என்பதை எளிதில் அறியலாம்.

ஞாயிற்றுப்பாதை வரையறை : பூமி, சூரியனை ஆண்டுக்கொருமுறை சுற்றி வருவதன் விளைவாக, வானக் கோளத்தின் மேல் பெறப்படும் சூரியனின் தோற்றப் பாதையே சூரியவீதி அல்லது கதிரவன் பாதை (Ecliptic) எனப்படும்.



படம் 11–6

இது ஒரு பெருவட்டம். வான நடுவரைக்கு $23\frac{1}{2}°$ சாய்வில் உள்ளது, இச்சாய்வு கதிரவன் பாதைச் சாய்வு (Obliquity of the Ecliptic) எனப்படும்.

படத்தில் கதிரவன் பாதை வான நடுவரையை γ, $\simeq$ (காமா, லைப்ரா—Gama, Libra) என்னும் புள்ளிகளில் வெட்டுகிறது. நடுவரை QRக்கும், கதிரவன் பாதை CLக்கும் உள்ள சாய்வு $= 23\frac{1}{2}°$. இதை ω எனக் குறிப்பிடுவது மரபு.

QRன் துருவங்கள் P, P'; CLன் துருவங்கள் K, K'

$$\therefore \quad PK = P'K' = \omega = 23\tfrac{1}{2}°$$

ஞாயிற்றுப்பாதையில் சூரியன் இடமாக வரும்போது, வானக் கோளத்தில் தெற்கிலிருந்து வடக்குப் பாகத்திற்கு வான நடுவரையில் வருமிடம் மேட முதற்புள்ளி (First Point of Aries) எனப்படுகிறது. இதை γ (Gama) எனும் எழுத்தால் குறிப்பது மரபு. வான நடுவரையைச் சூரியவீதி வெட்டும் மற்றப்புள்ளி (Libra)துலாம் முதற்புள்ளி எனப்படும். இதை ≏ எனக் குறிப்பது மரபு. γக்கு இடஞ்சுழியாக 90° தூரத்தில் உள்ள *L*, வேனில் திருப்பநிலை (Summer Solstice) எனவும், ≏க்கு இடஞ்சுழியாக 90° தூரத்தில் உள்ள *C* மாரித் திருப்பநிலை (Winter Solstice) எனவும் பெயரிடப்பட்டிருக்கின்றன.

கதிரவன் ஆண்டுதோறும் γஐ மார்ச்சு 21ஆம் தேதியிலும், *L*ஐ ஜூன் 22லும், ≏ஐ செப்டம்பர் 23லும், *C*ஐ டிசம்பர் 22லும் கடக்கிறது. அப்புள்ளிகளைச் சூரியன் கடக்கும்போது பருவங்கள் மாறுவதையொட்டி γ இளவேனிற் சம இரவுப்புள்ளி (Vernal Equinox), *L* கோடைத் திருப்பப் புள்ளி (Summer Solstice), ≏இலையுதிர் சம இரவுப்புள்ளி (Autumnal Equinox), *C* மாரித் திருப்பப்புள்ளி (Winter Solistice) எனப்பெயர் வழங்கப்படுகிறது.

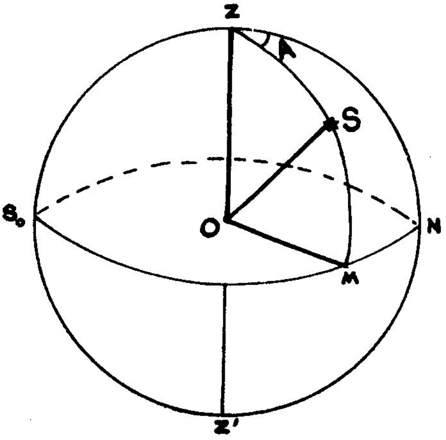
12. வான ஆயத்தொலைகள்

(CELESTIAL CO-ORDINATES)

விண்மீன்களையும், இதர வான் பொருள்களையும் வானக் கோளத்தில் இடங்குறிக்க நான்கு ஆயத்தொலை முறைகள் உள்ளன. இவற்றை விவரிப்போம்.

1. தொடுவான ஆயத்தொலைமுறை—அடிவான தூரம், உயரம் அல்லது கோண ஏற்றம் (Horizontal System of Co-ordinates—the azimuth and the altitude)

S என்பது விண்மீன். *S* வழியாகத் தொடுவானத்திற்கு *ZSM* என்ற துணைக் குத்துவட்டம் வரைக. இவ்வட்டம் NS_0ஐ *M*ல் வெட்டட்டும்.



படம் 12-1

விண்மீனின்வழி வரையும் குத்துவட்டத்திற்கும், உச்சி வட்டத்திற்கும் இடைப்பட்ட கோணம் அடிவான தூரம்

(azimuth) எனப்படும். இது $\angle NZM$ அல்லது வில் NMஆல் அளக்கப்படும்.

விண்மீனின் உயரம் அல்லது கோண ஏற்றம் என்பது $\angle MOS$ அல்லது வில் MSஆல் அளக்கப்படும்.

ஆகவே விண்மீனின் **ஆயத்**தொலைகள் (வில் NM, வில் MS) அல்லது (வில் NM, வில் ZS)

ZOS அல்லது வில் ZS உச்சி தூரம் எனப்படும்.

குறிப்பு 1 : உயரமும், உச்சி தூரமும் ஒன்றுக்கொன்று நிரப்பிகள் (complementary angles).

குறிப்பு 2: படத்தில் இந்த ஆயத்தொலைகள் உச்சி, அடிவானம், உச்சிவட்டம் ஆகியவற்றின் அடிப்படையில் வரையறுக்கப்பட்டன. ஆனால் இவையாவும் பூமியில் வெவ்வேறு இடங்களில் வெவ்வேறாகும். ஆகவே இந்த ஆயத்தொலைகள் இடத்திற்கு இடம் மாறுபடும். மேலும் தினசரி இயக்கத்தின் காரணமாக ஒரே இடத்திலும் இவை அவ்வப்பொழுது மாறும். ஆகவே இந்த ஆயத்தொலைகளின் குறிப்பிட்ட மதிப்புகள் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்திற்கு ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்திற்கே பொருந்தும். மேலும் அடிவான தூரமும், உயரமும் நேரிடையாக அளப்பது கடினம். ஆயினும் இந்த முறையில் ஓர் அநுகூலம் உண்டு. விண்மீனைப் பார்க்க எந்தத் திசையில் திரும்பவேண்டும், எந்த ஏற்ற கோணத்தில் காணவேண்டும் என்பதைத் தெரிவிக்கிறது.

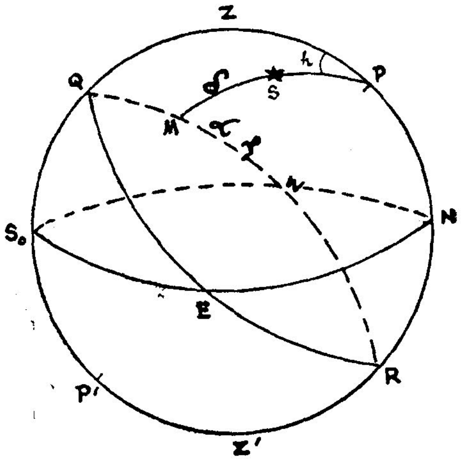
2. **உச்சிவரை ஆயத்தொலைமுறை ; நேரக்கோணமும், நடுவரை விலக்கமும்** (Meridian System of Co-ordinate: hour angle and declination)

படத்தில் QR என்பது வான நடுவரை. Z உச்சி, P துருவம், ZPN உச்சிவரை. S என்பது விண்மீன். துருவம் Pயிலிருந்து நட்சத்திரம் S வழியாக QRக்கு துணைக் குத்துவட்டம் PSM (Secondary to the equator) வரையவும். இவ்வட்டத்திற்கு விண்மீனின் நடுவரை குத்துவட்டமெனப் பெயர் (declination circle of the star). இது நடுவரையை Mல் வெட்டட்டும்.

நேரக் கோணம் (Hour angle) **வரையறை** : உச்சி வட்டத்திற்கும், விண்மீனின் நடுவரை குத்து வட்டத்திற்கும் இடைப்பட்ட கோணம் நேரக் கோணம் (hour angle) எனப்படும். படத்

தில் நேரக்கோணம் ZPS ஆகும். இது வில் QM ஆல் அளக்கப் படுகிறது. மரபாக இது Qவிருந்து மேற்காக 0°விருந்து 360° வரை அளவிடப்படும். [சில சமயங்களில் உச்சிவரையிலிருந்து கிழக் காகவும் அளக்கப்படும். அப்பொழுது அது கிழக்கு நேரக் கோணம் எனப்படும்].

நடுவரை விலக்கம் (Declination) வரையறை : விண்மீனின் நடுவரை குத்து வட்டத்தின் (declination circle) மேல் நடுவரையி விருந்து விண்மீனின் கோண தூரம் நடுவரை விலக்கம் எனப்படும்.



படம் 12-2

படத்தில் நடுவரை விலக்கம் $MS = \delta$
ஆகவே நட்சத்திரத்தின் ஆயத்தொலைகள் (வில் QM, வில் MS).

குறிப்பு 1 : வட துருவ தூரம் : PS என்பது நட்சத்திரத்தின் வடதுருவ தூரமாகும். PS ஆனது நடுவரை விலக்கத்தின் நிரப்பி ஆகும். (அ-து) நடுவரை விலக்கம் + வடதுருவ தூரம் $= MS + PS = 90$.

$\therefore PS = 90—MS$.

குறிப்பு 2 : பூமியின் அச்சைப்பற்றி பூமி ஒரு சீராகச் சுழல் வதால், ஒவ்வொரு விண்மீனின் நேரக்கோணமும் சீராக அதிகரிக் கிறது. 24 மணி நேரத்தில் அது 360° அதிகரிக்கிறது. ஆகவே நேரக்கோணம் பாகைகளில் அளப்பதற்குப் பதிலாக மணிகளி

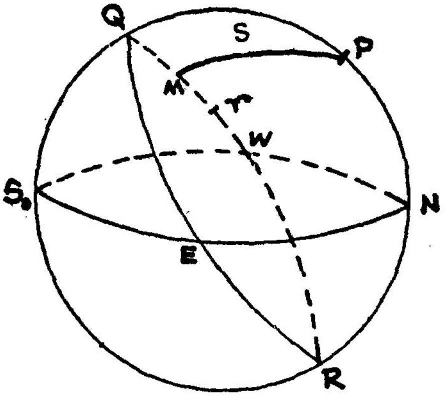
லேயே அளக்கப்படுகிறது, 1 மணி = 15° ஆகும். ஒரு நட்சத்திரத்தின் நேரக்கோணம் மணி ஒன்றுக்கு 15° வீதமும், 1 நிமிடத்திற்கு 15 கலைகளும், 1 செகண்டுக்கு 15 விகலைகளும் ஆக மாறும்.

குறிப்பு 3: எல்லாப் பார்வையாளர்களுக்கும், வானக் கோள துருவங்கள் *P*, *P′* பொதுவாகவே இருப்பதால், நட்சத்திரத்தின் வடதுருவ தூரம் *PS* மாறுவதில்லை. ஆகையால், வானக் கோளத்தின் மீது நட்சத்திரத்தின் பாதை வான நடுவரைக்கு இணையான வட்டமாகும். ஆகவே ஒரு நட்சத்திரத்தின் நடுவரை விலக்கம் எல்லா இடங்களுக்கும், எல்லா நேரங்களிலும் ஒரே மதிப்புள்ளதாக இருக்கும்.

ஆனால் நேரக்கோணம் உச்சி வரையைச் சார்ந்து வரையறுக்கப்பட்டிருப்பதால், அது இடத்திற்கு இடம் மாறும்.

3. வான நடுவரை ஆயத் தொலைமுறை : வல ஏற்றமும், நடுவரை விலக்கமும் (Equator system of Co-ordinates: Right Ascension and Declination)

இந்த முறையில் மேட முதற்புள்ளி γ ஆதியாகவும், வான நடுவரை முதனிலை வட்டமாகக் கொள்ளப்படுகிறது. γ வழியாக



படம் 12-3

வரையும் $P\gamma$ தலையாய குத்து வட்டமாகும். *S* என்பது நட்சத்திரம். அதன் வழியாக நடுவரைக்குத் துணைக் குத்து வட்டம் (declination circle) வரையவும். இது நடுவரையை *M* என்ற புள்ளியில் சந்திக்கட்டும்.

இப்பொழுது நட்சத்திரத்தின் ஆயத்தொலைகள் (γM, MS) ஆகும். வில் γM என்பது நட்சத்திரத்தின் வல ஏற்றம் (Right ascension) எனப்படும். வில் MS என்பது நடுவரை விலக்கமாகும் (declination).

குறிப்பு 1 : வல ஏற்றம் γ விலிருந்து கிழக்காக $0°$ முதல் $360°$ வரை அளக்கப்படும்.

நடுவரை விலக்கம் $0°$ முதல் $90°$ வரை மாறும். நட்சத்திரம் நடுவரைக்கு வடக்கே இருந்தால், நடுவரை விலக்கம் மிகை (positive) அளவாகும். நட்சத்திரம் நடுவரைக்குத் தெற்கே இருந்தால் அது குறை இராசியாகும்.

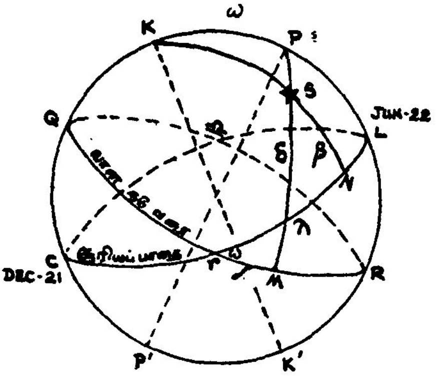
குறிப்பு 2 : தினசரி இயக்கத்தின் காரணமாக, γ, S, M, எல்லாம் ஒருங்கிணைந்தாற்போல் PP'ஐப் பற்றிச் சுழலுவதால், அவற்றிற்கு ஒன்றற்கொன்றுள்ள தூரம் மாறுபடுவதில்லை. மேலும் நடுவரை QRம், மேட முதற்புள்ளி γவும் உலகத்திலுள்ள எல்லா இடங்களுக்கும் பொதுவானதால், வல ஏற்றம் a இடத்திற்கு இடம் மாறாது. இதே போல், நடுவரை விலக்கமும் இடத்திற்கு இடம் மாறாது.

எனவே (a, δ) என்ற ஆயத்தொலைகள் ஒரு நட்சத்திரத்திற்கு மாறிலிகளாகும். ஆகவே, வானியல் அளவுகள் எடுக்கும் போது, இவ்வாயத் தொலைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. மாலுமிப் பஞ்சாங்கத்தில் பல நட்சத்திரங்களுக்கு இவ்வாயத் தொலைகள் கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றன. எந்த அகலாங்கில் உள்ளவர்களும் இவைகளை எந்நேரத்திலும் பயன்படுத்திக் கொள்ளலாம். ஆனால் γ ஐ வானத்தைப் பார்த்து இடங்குறிக்க முடியாது. வல ஏற்றம், நடுவரைவிலக்கம் கொண்டு வானத்தைப் பார்த்து வானப் பொருளை இடங்காண முடியாது.

4. விண் நெட்டாங்கு, விண் அகலாங்கு : கதிரவன் பாதை ஆயத் தொலைமுறை (Celestial longitude, celestial latitude— Ecliptic system of co-ordinates)

கதிரவன் பாதையை முதனிலை வட்டமாகவும், γவை ஆதியாகவும் கொண்டு மற்றோர் ஆயத்தொலைமுறை உள்ளது. γ வழியாகக் கதிரவன் பாதைக்கு வரையும் குத்து வட்டம் தலையாய குத்து வட்டமாகும். S விண்மீன் எனில் S வழியாக KSM

என்னும் துணைக் குத்து வட்டம் வரைக. KSM என்ற துணைக் குத்து வட்டத்திற்கு விண்மீனின் நெட்டாங்கு வட்டம் (Longitude circle) எனப் பெயர்.



படம் 12-4

விண்மீனின் ஆயத் தொலைகளாவன :
வான நெட்டாங்கு, வில் γM (celestial longitude)
வான அகலாங்கு, வில் MS (celestial latitude)

குறிப்பு 1: வான நெட்டாங்கு γ விருந்து இடஞ்சுழியாக 0° முதல் 360° வரை அளக்கப்படும்.

குறிப்பு 2: கதிரவன் பாதையான CL இன் மேல் கதிரவன் இருப்பதால், கதிரவனுக்கு அகலாங்கு ஆயத்தொலை எப்போதும் பூச்சியம். அதன் நெட்டாங்கு ஓர் ஆண்டில் 0° முதல் 360° வரை வளர்ந்து செல்கிறது. ஆகவே அதன் நெட்டாங்கு நாளுக்குச் சற்றேறக்குறைய 1° வீதம் வளர்கிறதெனச் சொல்லலாம். ஆனால் கதிரவன் விண் நெட்டாங்கு வளர்ச்சி சீரானதல்ல.

குறிப்பு 3: பூமியில் எல்லா இடங்களுக்கும் γன் நிலையும், கதிரவன் தோற்றப் பாதையும் பொதுவாதலின், விண்மீனுக்கு இடத்திற்கு இடம் வான நெட்டாங்கும், வான அகலாங்கும் மாறுவதில்லை. மேலும் தினசரி இயக்கத்தில் γம், விண்மீன்களும் ஒரே சீரான வேகமுடையதாயிருப்பதால், வான நெட்டாங்கும், அகலாங்கும் மாறுவதில்லை.

குறிப்பு 4: γம் கதிரவன் பாதையும் நிலைத்தவையாதலின் திரவன், கதிரவன் குடும்பக் கோள்கள், சந்திரன் ஆகியவற்றின் இடங்குறிக்கப் பயன்படும்.

குறிப்பு 5: ஆனாலும், γ, ♎ ஆகியவற்றை நாம் வானத்தை நோக்கிப் பார்த்து இடங்குறிக்க முடியாது. வான நெட்டாங்கு, அகலாங்கு கொண்டு வானத்தைப் பார்த்து இடங்காண முடியாது.

குறிப்பு 6: ஓராண்டுக் காலத்தில் சூரியனின் நெட்டாங்கு, வல ஏற்றம், நடுவரை விலக்கம் ஆகியவற்றில் உள்ள மாற்றம் கீழே தரப்பட்டுள்ளது. சூரியனின் அகலாங்கு எப்போதும் 0 ஆகும் என்பதைக் கவனிக்கவும்.

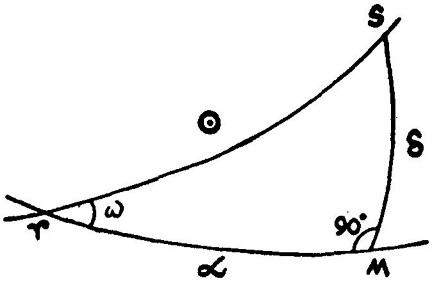
சூரியனின் நிலை	கடக்கும் நாள்	அன்று α வல ஏற்றம்	அன்று δ நடுவரை விலக்கம்	நெட்டாங்கு (Longitude)
(S_1) γ மேட முதற் புள்ளி அல்லது இளவேனிற் சம இரவு நிலை (Vernal Equinox)	மார்ச் 21ம் தேதி	0°	0°	0°
(S_2) L வேனிற் திருப்பப் புள்ளி.	ஜுன் 22ம் தேதி	$90° = 6h$	$\omega = 23\frac{1}{2}°$	90°
(S_3) ♎ துலாம் முதற் புள்ளி (அல்லது இலையுதிர் சம இரவு நிலை (Autumnal Equinox)	செப்டம்பர் 22ம் தேதி	$180° = 12h$	0°	180°
(S_4) C மாரித் திருப்ப நிலை	டிசம்பர் 22ம் தேதி	$270° = 18h$	$-\omega = 23\frac{1}{2}°$	270°
(S_5) γ மேட முதற் புள்ளி	மார்ச் 21ம் தேதி	$360° = 24h$ (அ-து) $0h$		360° அ-து 0°

குறிப்பு: γ என்ற புள்ளியில் சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் தெற்கிலிருந்து வடக்காக மாறுகிறது. ♎ என்ற புள்ளியில் சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் வடக்கிலிருந்து தெற்காக மாறுகிறது.

(i) சூரியனது நெட்டாங்கு (Longitude) அதன் வல ஏற்றம் (Right ascension) ஆகியவற்றிற்கு உள்ள தொடர்பு காணல் :

சூரியனது நெட்டாங்கு ⊙ ஆக உள்ளபோது, அதன் நிலை *S* ஆகட்டும்.

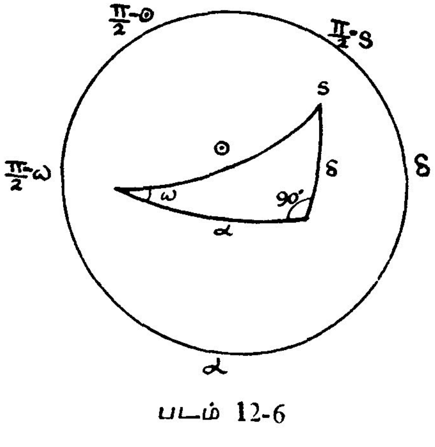
S வழியாக நடுவரைக்கு வரையும் துணைக் குத்து வட்டம் நடுவரையை *M* என்னும் புள்ளியில் சந்திக்கட்டும்.



படம் 12-5

நட்சத்திரத்தின் வல ஏற்றம் a, நடுவரை விலக்கம் δ என்க.

γMS என்ற செங்கோண முக்கோணத்திலிருந்து



படம் 12-6

$\frac{\pi}{2} - \omega$ ஐ நடுப்பக்கமாகவும்,

$\frac{\pi}{2} - \odot$, a ஆகியவற்றை அடுத்தபக்கங்களுமாகக் கொண்டு,

நேப்பியர் விதியின்படி, நாம் பெறுவது

$$\text{Sin}\left(\frac{\pi}{2} - \omega\right) = \tan\left(\frac{\pi}{2} - \odot\right) \tan \alpha$$

$$\cos \omega = \cot \odot \ \tan \alpha$$

$$\cos \omega = \frac{\tan \alpha}{\tan \odot}$$

$$\therefore \tan \alpha = \cos \omega \tan \odot \qquad (I)$$

$$\therefore \tan \odot = \frac{\tan \alpha}{\cos \omega} = \sec \omega \tan \alpha \qquad (II)$$

(ii) சூரியனது நெட்டாங்கு, அதன் நடுவரை விலக்கம் ஆகியவற்றிற்கு உள்ள தொடர்பு :

ஏதேனும் ஒரு நாளில் சூரியனது நெட்டாங்கு காணல்.

δ ஐ நடு உறுப்பாகவும் $\frac{\pi}{2} - \omega$, $\frac{\pi}{2} - \odot$ ஆகியவற்றை மற்றப் பக்கங்களுமாகக்கொண்டு நேப்பியர் விதியின்படி நாம் பெறுவது

$$\text{Sin } \delta = \cos\left(\frac{\pi}{2} - \omega\right) \cos\left(\frac{\pi}{2} - \odot\right)$$

$$= \sin \omega \sin \odot$$

$$\therefore \sin \odot = \operatorname{cosec} \omega \sin \delta$$

$$\odot = \sin^{-1} (\operatorname{cosec} \omega \sin \delta)$$

(iii) சூரியனது வல ஏற்றம், நடு வரை விலக்கத்திற்குள்ள தொடர்பு:

α ஐ மைய உறுப்பாகவும், $\frac{\pi}{2} - \omega$, δ ஆகியவற்றைப் பக்க உறுப்புகளாகவும் கொண்டு, நேப்பியர் விதிப்படி நாம் பெறுவது

$$\text{Sin } \alpha = \tan\left(\frac{\pi}{2} - \omega\right) \odot \tan \delta$$

$$= \cot \omega \tan \delta$$

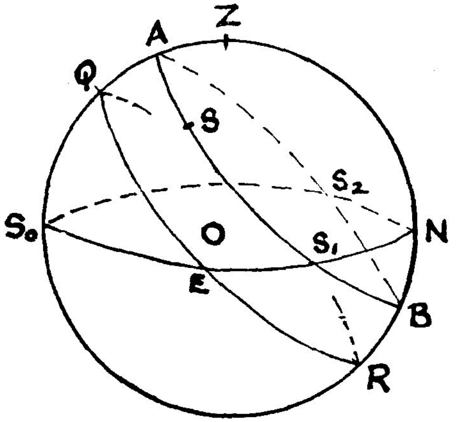
$$\therefore \tan \delta = \frac{\sin \alpha}{\cot \omega} = \tan \omega \sin \alpha$$

6. வான வெளியில் ஒரு விண்மீன் பயணத்தைச் சிறிது பார்ப்போம்

NS_0—தொடுவானம்

QR—வான நடுவரை

ஒரு விண்மீனின் வானக் கோளப் பாதை $S_1\ SAS_2\ BS_1$.



படம் 12-7

S_1 என்ற விண்மீன் NS_0 என்ற தொடுவானத்திற்கு வரும் போது O விலிருக்கும் பார்வையாளனுக்கு உதயமாகிறது. அது கிழக்கு வானத்தில் ஏறிச்சென்று உச்சி வட்டத்தை அடையும் போது, அவ் விண்மீன் Aல் மேலுச்சி கடக்கிறது. இவ்வாறு வான உச்சி வரைக்கு வந்து மேற்கே சாய்வது உச்சி திரிதல் (Transit) எனப்படும். பிறகு மேற்கு வானத்திலிறங்கி மேற்கு அடிவானத்தைச் சேரும்போது S_2 வில் அது மறைகிறது என்கிறோம். தொடுவானத்தின் கீழ்ச் சென்று B என்ற இடத்தில் உச்சி வட்டத்தை மறுபடியும் கடக்கிறது. அப்போது அது கீழுச்சி கடக்கிறது (Lower Transit). பிறகு கீழ் வானத்திலேறி மறுபடியும் S_1ல் உதிக்கிறது.

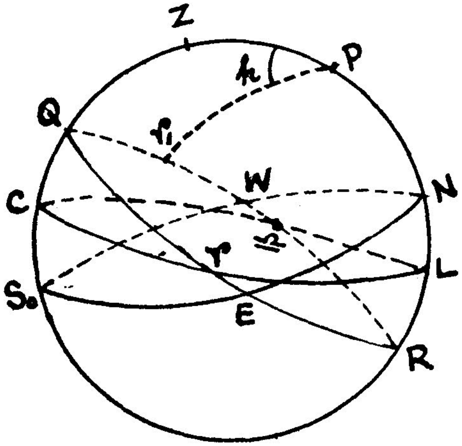
7. மீன்வழி நாள் (Sideral Day)

மேலே கருதிய ஒரு விண்மீன் ஒரு முழுப்பயணம் செய்து முடிக்கும் நேரம் ஒரு மீன்வழி நாள் எனலாம். இந்தப் பயணம் சீரான கோண வேகத்தில் நிகழ்வதால், Aலிருந்து அடுத்து மறு

படியும் Aக்கு வரும் இடைக்காலமோ, அல்லது அதன் பாதையில் ஏதாமொரு புள்ளி Sலிருந்து அடுத்து மறுபடியும் Sக்கு வரும் இடைக்காலமோ ஒரு மீன்வழி நாளாகும்.

வானக் கோளம் PP'ஐ அச்சாகக்கொண்டு சுழலுவது போல வானக் கோளத்தின் மையத்திலுள்ள பார்வையாளனுக்குத் தோன்றுகிறது. அவன் ஏதோ ஒரு விண்மீனைக் கவனிப்பானாயின், அது ஒரு முழுச்சுற்றுச் சுற்றி மறுபடியும் அதேயிடத்தில் அவனுக்குக் காட்சியளிக்கும் கால இடைவெளி, பூமியின் முழுச் சுழல் ஒன்று ஏற்படும் கால இடைவெளியாகும். இது ஒரு விண்மீன்வழி நாளாகும். இது எந்த விண்மீனுக்கும் பொருந்தும்.

மீன்வழி நாள் (வரையறை) : ஒரு விண்மீன் அடுத்தடுத்து மேல் உச்சியையோ, கீழுச்சியையோ கடக்கும் சமயங்களுக்கிடைப்பட்ட நேரம் ஒரு மீன்வழி நாள். இவ்வாறு மீன்வழி நாள் ஏதேனும் ஒரு நட்சத்திரத்தைக் கொண்டு வரையறுக்கக் கூடுமானாலும், மரபுப்படி, γ என்னும் மேட முதற்புள்ளியின் (First Point of Aries) பயணத்தை யொட்டியே மீன்வழி நாள் வரையறுக்கப்படுகிறது.



படம் 12-8

γ என்பதை ஒரு விண்மீன் எனக் கொண்டால், அதன் தினசரிப் பாதை வான நடுவரையின் மேல் அமையும்.

அதன் உதிக்குமிடம் E ; மேல் உச்சி கடத்தற்புள்ளி Q' மறையுமிடம் W, கீழ் உச்சி கடத்தற்புள்ளி R.

γ மேல் உச்சி கடத்தற்புள்ளி Qல் இருக்கும்போது மீன்வழி நேரம் 0 மணி. Wக்கு வரும்போது 6 மணி என்றும், Rக்கு வரும் போது மீன்வழி நள்ளிரவு 12 மணி என்றும், Eக்கு வரும்போது 18 மணி என்றும், மறுபடியும் Qக்கு வரும்போது 24 மணி முடிந்து அடுத்த மீன்வழி நாள் ஆரம்பமாகிறதெனவும் கொள்வது மரபு.

γ என்பது 24 மீன்வழி நேரத்தில் சீராக 360° பயணம் செய்வதால் ஒரு மணி நேரத்திற்கு 15° பயணம் செய்கிறது. ஆகவே 4 நிமிடங்களுக்கு 1° பயணம் செய்கிறது.

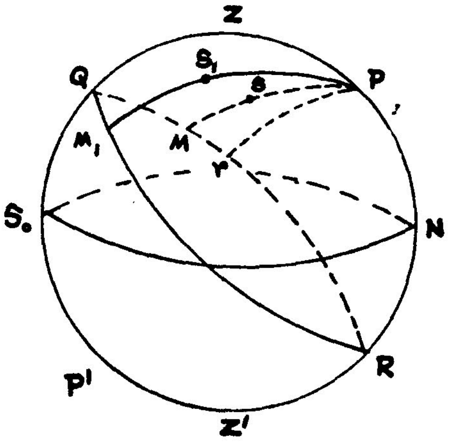
ஆகவே γன் நேரக் கோணத்தைக் கொண்டு மீன்வழி நேரத்தைக் கணிக்கலாம்.

உதாரணமாக, மேட முதற்புள்ளி Qஐக் கடந்து γ_1ல் இருந்தால், $Q\gamma_1$ன் கோண அளவு, γன் நேரக் கோணமாகிய $h = z\ P\gamma_1$க்குச் சமம்.

பாகைகளில் (degrees) hன் அளவு கொடுக்கப்பட்டால், அப்பொழுது மீன்வழி நேரம் $= \frac{h}{15}$ மணிகள்.

8. தேற்றம்

மீன்வழி நேரம் = ஒரு விண்மீனின் வல ஏற்றம் ± அதன் நேரக் கோணம்.



படம் 12-9

(அ-து) $t = a \pm h$ [நேரக்கோணம் [மேற்குப் பக்கமாயின் + குறியும், கிழக்குப் பக்கமாயின் — குறியும் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும்]

S என்பது விண்மீன். S வழியாக QRக்கு துணைக் குத்துக் கோடு PSM வரைக. மேட முதற் புள்ளி γும், Sம் தொடுவானத்தின் மேற்குப் பக்கத்திலுள்ளன எனக் கொள்வோம். இப்பொழுது மீன்வழி நேரம் t எனக் கொண்டால்,

$$t = \gamma\text{ன் நேரக்கோணம்} = \angle ZP\gamma = \text{வில் } \gamma Q$$

S என்ற விண்மீனின் வல ஏற்றம் $= a =$ வில் γM (இடஞ்சுழியாக)

அந்த விண்மீனின் நேரக்கோணம் $= h = ZPM =$ வில் MQ

இப்போது,

$$t = \gamma Q = \gamma M + MQ = a + h$$

இனி, கிழக்கு வானத்திலுள்ள S_1 என்ற விண்மீனைக் கருதுவோம்

$$S_1\text{ன் வல ஏற்றம்} = a = \text{வில் } \gamma QM_1 \text{ (இடஞ்சுழியாக)}$$

$$S_1\text{ன் நேரக்கோணம்} = h = \angle ZPM_1 = \text{வில் } QM_1$$

இனி, $t = \gamma Q =$ வில் $\gamma QM_1 -$ வில் $QM_1 = a - h$

$$\therefore \quad t = a \pm h$$

கிளைத்தேற்றம்: ஒரு விண்மீனின் வல ஏற்றம் = அவ்விண்மீன், மேல் உச்சி கடக்கும்போதுள்ள மீன்வழி நேரம்

விண்மீன் உச்சி வட்டத்தின் மேலிருக்கும்போது, அதனுடைய நேரக்கோணம் பூச்சியம். அப்போது, மேல் நிறுவப்பட்ட தொடர்பு,

$t = a$ எனப் பெறப்படுகிறது.

9. தேற்றம்

ஓர் இடத்தின் அகலங்கு (latitude), ஒரு வானப்பொருளின் நடுவரை விலக்கம், அதன் உச்சிதூரம் ஆகியவற்றின் கூட்டுத்தொகை என நிறுவல் (அ-து) $\phi = \delta + z$ என நிறுவுதல்

பூமியின் மையம் O எனவும், பார்வையாளன் Aவில் இருப்பதாகவும் கொள்வோம். வானக் கோளத்தின் நடுவரை QRஆனது பூமியை qr என்னும் பெரு வட்டத்தில் வெட்டட்டும். அப்பொழுது qr பூமியின் நடுவரை ஆகும்.

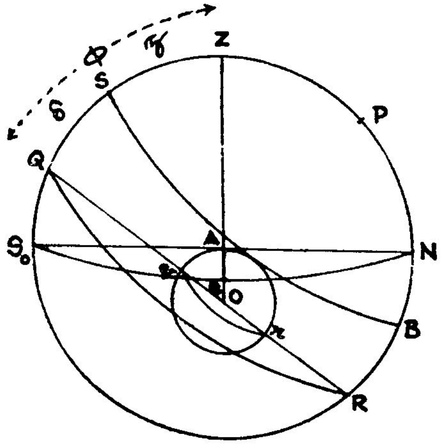
$$A\text{யின் அகலாங்கு} = \phi = \text{வில் } Aq = \angle AOq = \angle QOZ$$
$$= \text{வில் } QZ$$

இனி ஒரு வானப் பொருள் மேல் உச்சி கடக்கும்போது அதன் நிலை S எனக் குறிப்போம்.

எனின் வில் $QZ = QS + SZ$

QS என்பது அதன் நடுவரை விலக்கம் $= \delta$; SZ என்பது அதன் உச்சி தூரம் z ஆகும்.

(அ-து) $\phi = \delta + z$



படம் 12-10

குறிப்பு: நடுவரை விலக்கம் δ ஆனது அது நடுவரைக்கு வடக்காகவோ அல்லது தெற்காகவோ இருப்பதற்கு ஏற்ப மிகை இராசியாகவோ அல்லது குறை இராசியாகவோ கொள்ளப்படும். இதேபோல் உச்சிதூரமும் வானப்பொருள் உச்சிக்குத் தெற்காக இருக்கும்போது மிகை இராசியாகவும், உச்சிக்கு வடக்காக இருக்கும்போது குறை இராசியாகவும் கொள்ளப்படும். எனவே δ, Z ஆகியவற்றை அவற்றிற்குரிய குறிகளுடன் எடுத்துக் கொண்டால் $\phi = \delta + z$ என்னும் தொடர்பு எப்பொழுதும் பொருந்தும்.

ஒரு வானப் பொருளின் வல ஏற்றம், நடுவரை விலக்கத்தைக் கணக்கிடல்:

அப்பொருளை அது உச்சி கடக்கும்போது கவனிக்கவும்.

அது உச்சி கடக்கும் மீன்வழி நேரம் அப்பொருளின் வல ஏற்றத்தை (Right ascension) கொடுக்கிறது.

ஏனெனில், முன்பு பார்த்த கிளைத் தேற்றத்தின்படி

$t = a$

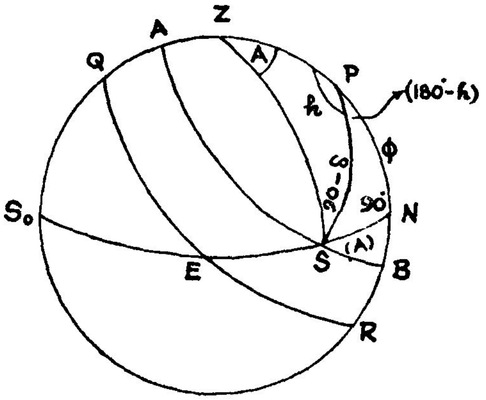
மற்றும் அப்பொருளின் உச்சி தூரத்தைக் கணக்கிடு.

இனி $\delta + z = \phi$ என அறிவோம்.

$\therefore \delta = \phi - z$, இங்கு ϕ என்பது அந்த இடத்தின் அகலாங்காகும்.

10. ஒரு தெரிந்த விண்மீன் (a, δ) உதயமாகும்போது அதன் நேரக் கோணம் (hour angle, h) அடிவான தூரம் (Azimuth) ஆகிய வற்றைக் கணக்கிடல் :—(அ-து) அதன் உதயகாலம் அறிதல்

வானப்பொருள் உதயமாகும்போது அதன் நிலையை S எனக் குறிப்போம். பார்வையாளன் இருக்குமிடத்தின் அகலாங்கு ϕ எனவும், வானப் பொருளின் நடுவரை விலக்கம் δ எனவும்,



படம் 12-11

கொள்வோம். அவ் வானப்பொருள் உதயமாகும்போது அதன் கிழக்கு நேரக்கோணம் $ZPS = h$ எனக்கொள்க.

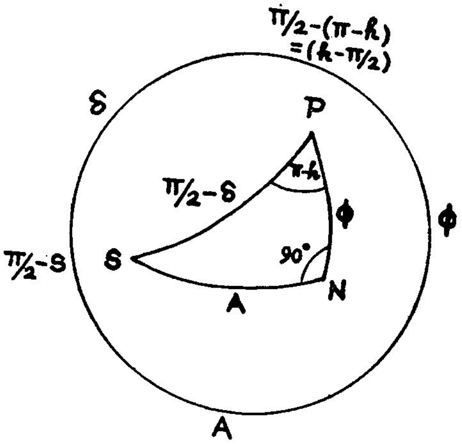
இனி PNS என்னும் கோள முக்கோணத்தில்,

$SP = 90 - \delta$, $PN = \phi$,

$\angle SPN = 180 - h, \ \angle PNS = 90°$;

வில் $SN = \angle NZS = A$ (Azimuth).

$\therefore$ PNS ஒரு செங்கோண முக்கோணம்



படம் 12-12

$h - \frac{\pi}{2}$ ஐ நடுப்பாகமாகக் கொண்டு, நேப்பியர் விதியின்படி நாம் பெறுவது

$$\sin\left(h - \frac{\pi}{2}\right) = \tan\phi \tan\delta$$

$$-\sin\left(\frac{\pi}{2} - h\right) = \tan\phi \tan\delta$$

$$(\text{அ-து}) \ -\cos h = \tan\phi \tan\delta$$

$$\therefore \cos h = -\tan\phi \tan\delta$$

$$\therefore h = \cos^{-1}(-\tan\phi \tan\delta) \qquad (1)$$

எனவே அந்த விண்மீனின் உதய காலம், அது உதிக்கும் சமயத்தில் உள்ள நேரக்கோணம் h-ன் மதிப்பிலிருந்து அறியலாம்.

S உதிக்கும் மீன்வழி நேரம்

$t = a - h$ என்ற வாய்பாட்டின்படி, a என்பது மணி நேரத்தில் கொடுக்கப்பட்டால்,

$$S \text{ உதிக்கும் மீன்வழி நேரம்} = \left(a - \frac{h}{15}\right) \text{ மணி}$$

உதிக்கும் இடத்தின் அடிவான தூரம்

மேலும் δஐ நடுப்பாகமாகவும், ϕ, Aஐ மற்றப் பாகங்களாகவும் கொண்டு, நேப்பியர் விதியின்படி நாம் பெறுவது

$$\sin \delta = \cos \phi \cdot \cos A$$

$$\therefore \cos A = \sec \phi \cdot \sin \delta$$

$$\therefore A = \cos^{-1} (\sec \phi \sin \delta) \qquad (2)$$

11. பகல் பொழுதின் நேரம் காணல்

S என்பதைச் சூரியனாகக் கொண்டால், பகல் பொழுதின் காலம் சூரிய உதயத்திற்கும் மறைவுக்கும் இடையேயுள்ள காலமாகும். பார்வையாளன் இருக்குமிடத்தின் அகலாங்கு ϕ ஆகட்டும். சூரியனின் நடுவரை விலக்கம், அந்தக் குறிப்பிட்ட நாளில் δ ஆனால் சூரியன் உதயமாகும்போது, அதன் நேரக் கோணம் $= h = \cos^{-1} (-\tan \phi \tan \delta)$ ஆகும். சூரியன் உச்சிக்கு வர (அ-து) இந்த நேரக்கோணம் hஐ கடந்து செல்வதற்குரிய

நேரம் $= \frac{h}{15}$ மணிகளாகும்.

பிறகு திரும்பவும் அடிவானத்திற்குச் சென்று மறைவதற்கு மேலும் $\frac{h}{15}$ மணிகளாகும்.

ஆகவே பகல் பொழுது $= \frac{2h}{15}$ மணிகளாகும்

$\therefore$ இரவு காலம் $= \left(24 - \frac{2h}{15}\right)$ மணிகளாகும்.

12. மீன்வழி நாளும், ஞாயிற்றுவழி நாளும்

'மீன்வழி' நாள் என்பது 'ஞாயிற்றுவழி' நாளை விடச் சற்றே குறுகிய கால அளவாகும். இதற்குக் காரணம் விண்மீன்களிடையே ஞாயிற்றின் இயக்கமாகும். விண்மீனும், ஞாயிறும் ஒன்றாக உச்சிவரையில் இருக்கிறதென்று வைத்துக்கொள்வோம். மறுமுறை விண்மீன் உச்சிவரைக்கு வருவதற்குள் ஞாயிறு அதற்குக் கிழக்காக நகர்ந்துள்ளது. ஆகவே விண்மீன் உச்சி வரையைக் கடந்த பின்னரே ஞாயிறு உச்சி வரைக்கு வருகிறது.

கடிகாரப்படி, 'ஞாயிற்று வழி நாள்', மீன்வழி நாளை விடச் சராசரி 4 நிமிடங்கள் அதிகமாகும். ஒரு மீன்வழி நாள் கடிகாரப்படி 23மணி 56 நிமிடம் 4 வினாடியாகும்.

13. காலை விண்மீன்கள், மாலை விண்மீன்கள் (Morning and Evening Stars)

சில நட்சத்திரங்கள் காலையில் சூரியன் உதயமாவதற்குச் சற்று முன்பு கிழக்கு வானில் உதயமாகி, சூரியன் உதயமான பின்பு பார்வைக்குத் தெரியாமல் போய்விடும். அவை காலை விண்மீன்கள் எனப்படும்.

சில நட்சத்திரங்கள் மாலையில் சூரியன் மறைந்த பின்பு மேற்கு வானில் காட்சிக்குத் தோன்றிச் சிறிது நேரத்தில் மேற்கு வானில் மறைந்துவிடும். அவை மாலை விண்மீன்கள் எனப்படும்.

ஒரு நட்சத்திரம் காலை விண்மீனாகத் தோன்ற (1) அதனுடைய நடுவரை விலக்கம் (declination) சூரியனது நடுவரை விலக்கத்திற்கு ஏறக்குறைய சமமாக இருக்கவேண்டும்.

(2) நட்சத்திரத்தின் வல ஏற்றம் சூரியனின் வல ஏற்றத்தை விட ஏறக்குறைய 10° அல்லது 40 நிமிடம் குறைவாக இருக்க வேண்டும்.

ஒரு நட்சத்திரம் மாலை விண்மீனாகக் காட்சியளிக்க, (1) அதன் நடுவரை விலக்கமும், சூரியனின் நடுவரை விலக்கமும் ஏறக்குறைய சமமாக இருக்கவேண்டும்.

(2) நட்சத்திரத்தின் வல ஏற்றம் சூரியனின் வல ஏற்றத்தை விட ஏறக்குறைய 10° அல்லது 40 நிமிடம் அதிகமாக இருக்க வேண்டும்.

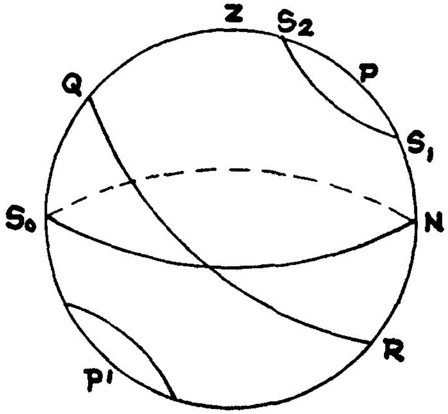
14. மறையா விண்மீன்கள், உதியா விண்மீன்கள் (Circumpolar stars)

வட அகலாங்கு ф உள்ள ஓர் இடத்தைக் கருதுவோம். வட துருவ தூரம் ф க்கும் குறைவாக உள்ள நட்சத்திரங்கள் எல்லாம் வட துருவத்தை மையமாகக்கொண்டு வட்டமிடுகின்றன, அவற்றின் தினசரி இயக்கப் பாதை அடிவானத்திற்கு முற்றிலும் மேலேயே இருக்கின்றன. அவ்வாறுள்ள விண்மீன்கள் எல்லாம் அந்த இடத்திற்கு மறையா விண்மீன்களாகும்.

வரையறை : அகலாங்கு φ உள்ள ஓரிடத்தில், ஒரு விண்மீனின் தினசரி இயக்கப் பாதை முழுவதும் வானக் கோளத்தின் தொடுவானத்திற்கு மேலேயே நாள் முழுவதும் அமையுமாயின் அது அந்த இடத்திற்கு ஒரு **மறையா விண்மீன்** அல்லது துருவம் சுற்றும் நட்சத்திரம் (Circumpolar star) எனப்படும்.

இதேபோல் ஒரு விண்மீனின் தினசரி இயக்கப்பாதை முழுவதும் அந்த இடத்தில் வானக் கோளத்தின் தொடு வானத்திற்குக் கீழேயே நாள் முழுவதும் இருப்பின் அந்த நட்சத்திரம் அவ்விடத்திற்கு ஓர் **உதியா விண்மீன்** (South circumpolar star) or invisible star) எனப்படும்.

15. மறையா விண்மீனுக்குரிய நிபந்தனை (To find the condition that a star is circumpolar)



படம் 12-13

பார்வைக்குள்ள இடத்தின் அகலாங்கு φ என்க. ஒரு நட்சத்திரம் உச்சியை S_1, S_2 என்ற இடங்களில் கடக்கட்டும். இதில் S_1 கீழ் உச்சி கடத்தல் புள்ளி. நட்சத்திரத்தின் நடுவரைவிலக்கம் δ ஆகுக.

இந்த நட்சத்திரம் மறையா விண்மீனாகில், அது முழுவதும் தொடுவானத்திற்கு மேலே இருக்க வேண்டும். அப்பொழுது கீழ்

உச்சி கடத்தல் புள்ளியாகிய S_1 என்பதே தொடுவானத்திற்கு மேல் இருக்கவேண்டும்.

$\therefore \; PS_1 \leqslant PN$

(அ.து) $90 - \delta \leqslant \phi$

$\therefore \; -\delta \leqslant \phi - 90$

$\therefore \; \delta \geqslant 90 - \phi$

$\therefore$ நடு வரை விலக்கம் δ உள்ள விண்மீன் மறையா விண்மீனாக அமைவதற்குரிய நிபந்தனை $\delta \geqslant 90 - \phi$

$\delta > 90 - \phi$ மறையா விண்மீன்

$\delta = 90 - \phi$ எனில், Nல் உதித்து Nல் மறைந்து, தொடுவானத்தைத் தொடும்.

[குறிப்பு: $\delta < 90 - \phi$ ஆனால், உதித்து மறையும் விண்மீன்]

16. முழுப்பகல், முழுஇரவுப் பிரதேசங்கள்

மேலே விண்மீன்கள் மறையா, உதியா விண்மீன்களாக இருப்பதற்குரிய நிபந்தனை என்ன என்று கண்டோம். இந்த முடிவுகளைக் கொண்டு, சூரியன் நாள் முழுவதிலும் மறையாமலும் (முழுப்பகல்—Perpetual day) அல்லது நாள் முழுவதும் உதியாமலும் (முழு இரவு—Perpetual night) இருக்கமுடியுமா எனப் பார்ப்போம்.

சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் பின்வரும் மாறுதல்களை மேற்கொள்கிறது என நீங்கள் அறிவீர்கள்.

மார்ச் 21ஆம் தேதி முதல் ஜூன் 22ஆம் தேதிவரை, நடுவரை விலக்கம் $0°$ முதல் $23\frac{1}{2}°N$ வரை உயர்கிறது.

ஜூன் 22 முதல் செப்டம்பர் 23 வரை $23\frac{1}{2}°N$லிருந்து $0°$க்குக் குறைகிறது.

செப்டம்பர் 23ஆம் தேதி முதல் டிசம்பர் 22ஆம் தேதி வரை $0°$ முதல் $-23\frac{1}{2}°$ வரை குறைகிறது.

டிசம்பர் 22ஆம் தேதி முதல் மார்ச் 21ஆம் தேதி வரை $-23\frac{1}{2}°$ முதல் $0°$க்கு உயர்கிறது.

ஒரு விண்மீனின் $\delta \geqslant 90 - \phi$ ஆனால், அவ்விண்மீன் மறையா விண்மீனாகும்.

இதே நிபந்தனையை $\phi \geqslant 90 - \delta$ என எழுதலாம். சூரியனைப் பொருத்த மட்டில், δன் மீப்பெருமதிப்பு $= 23\frac{1}{2}°$

$\therefore\ \phi \geqslant 90 - 23\frac{1}{2}° \geqslant 66\frac{1}{2}°$ எனில், அதாவது $66\frac{1}{2}°$ அகலாங்கில் அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அகலாங்குகளில் உள்ள பூமியின் பகுதிகளில் மட்டுமே, சூரியன் மறையாமல் இருக்க வாய்ப்பு உண்டு.

குறிப்பாக $\phi = 66\frac{1}{2}°N$ என்ற அகலாங்கில் உள்ள இடங்களில் ஜுன் 21ஆம் தேதி சூரியனின் $\delta = 23\frac{1}{2}°$ ஆகும்பொழுது சூரியன் நாள் முழுவதும் தொடுவானத்திற்கு மேலிருக்கும். **N** என்ற வடபுள்ளியில் உதித்து **N**என்ற புள்ளிக்குச் சற்றுதள்ளி மறையும். அன்று முழுப்பகல் நாள், இவ்விடங்களில் டிசம்பர் 22ஆம் தேதியில், சூரியன் தொடுவானத்திற்கு மேலேயே வராது. அன்று முழு இரவு நாள். இதைப்பற்றி விரிவாக அடுத்த அத்தியாயத்தில் பார்ப்போம்.

பயிற்சி

1. விண்மீன்வழி காலத்தை (Siderial time) வரையறுத்து, அதை ஒரு விண்மீனைக் கவனித்து எப்படிக் கணக்கிடலாம் என விவரி.

2. வல ஏற்றம் (Right ascension); நேரக் கோணம் (Hour angle) ஆகியவற்றின் வரையறை கூறு. அவற்றிற்குள்ள தொடர்பைக் காண்க.

3. ஓர் இடத்தின் அகலாங்கு என்ன என்பதற்கு வரையறை கூறு. ஓர் இடத்தின் அகலாங்கு, வான துருவத்தின் கோண ஏற்றத்திற்குச் (altitude of the celestial pole) சமம் எனக் காட்டு.

4. ஒரு தெரிந்த நட்சத்திரத்தின் ஒரே உச்சி அளவிலிருந்து (meridian zenith distance) அவ்விடத்தின் அகலாங்கைக் கணக்கிடும் முறையை விவரி.

5. ஒரு நட்சத்திரத்தின் வல ஏற்றம், நடுவரை விலக்கம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடும் முறையை விவரி.

6. ஒரு நட்சத்திரம் உதயமாகும்பொழுது அதன் அடிவான தூரம் (Azimuth) நேரக்கோணம் (hour angle) ஆகிய வற்றிற்குரிய சூத்திரங்களை வருவி.

7. ஓர் இடத்தின் அகலாங்கு $\phi = 11°N$. சூரியனது நடு வரை விலக்கம் $= +20°$ இருக்கும்போது, அவ்விடத் தில் பகற்பொழுதின் காலம் என்ன என்று கணக்கிடு.

8. வட கோளத்தில் அகலாங்கு 45° உள்ள ஓர் இடத்தில், பகற்பொழுது 8 மணி நேரம் ஆகில், அன்றைய தினம் சூரியனது நடுவரை விலக்கம் தெற்கு $\tan^{-1}\frac{1}{2}$-க்குச் சமம் என நிறுவுக.

9. ஒரு நட்சத்திரத்தின் கிழக்கு நேரக்கோணம் (hour angle) 98° 11′ 15″ - ம், அதன் வல ஏற்றம் (Right ascension) 21 மணி, 9 நிமிடம் 23 செகன்டும் ஆனால் அப்பொழுது மீன்வழி நேரம் 14மணி — 36நி — 38செ எனக் காண்பி.

10. ஓர் இடத்தில் ஒரு நட்சத்திரம் மார்ச் மாதம் 21ஆம் தேதி 2மணி 12நிமிடம் அளவில் உச்சி கடக்கிறது. அது எப்பொழுது (1) காலை விண்மீனாகக் காட்சியளிக்கும், (2) மாலை விண்மீனாகத் தோன்றும்.

[காலை விண்மீனாக மே மாதம் 2ஆவது வாரமும் மாலை விண்மீனாக ஜூன் மாதம் 2ஆவது வாரமும் தோன்றும்]

11. ஒரு மறையா விண்மீனின் மீப்பெரு, மீச்சிறு உயரங் களின் (ஏற்றகோணங்கள் — altitudes) சராசரி அளவு அவ்விடத்தின் அகலாங்குக்குச் சமம் என நிறுவு.

$$\left[\phi = \frac{a_1 + a_2}{2}\right]$$

12. வரையறை கூறுக : (i) காலை விண்மீன்கள், (ii) மாலை விண்மீன்கள்.

13. மறையா விண்மீன் என்றால் என்ன என்று விவரி. ஒரு நட்சத்திரம் மறையா விண்மீனாக இருப்பதற்குரிய நிபந்தனை என்ன என்று கண்டுபிடி.

14. ஒரு மாலை விண்மீன் எவ்வாறு சுமார் 3 வார காலத் திற்குள் ஒரு காலை விண்மீனாகக் காட்சி அளிக்கிறது என விவரி.

15. 'வேகா' என்ற விண்மீன் (α = 18மணி 33 நிமிடம்; δ = 38° 41′N) எந்த அகலாங்குகளில் மறையா விண் மீனாகும்.

16. நள்ளிரவில் (midnight) சூரியனைக் காணக்கூடிய மிகத் தாழ்வான அகலாங்கு என்ன?

[நள்ளிரவில் சூரியனைக் காணவேண்டிய தாழ்வான பிரதேசத்தில் சூரியனின் தினசரிப் பாதை நள்ளிரவில் அடிவானத்தைத் தொட்டுக்கொண்டு செல்லவேண்டும்.

$$\therefore \ \delta + \phi = 90°$$

மிகத் தாழ்வான அகலாங்கு காண, δ மீப்பெருமதிப்பு கொள்ள வேண்டும் (அ-து) δ = 23° 27′

$$\therefore \ \phi = 90° - 23° 27' = 66' \ 33']$$

17. சூரியனை நண்பகலில் உச்சியில் காணக்கூடிய மிக உயர்ந்த அகலாங்கு என்ன?

[சூரியன் உச்சியில் இருக்கும்போது,

வான துருவத்தின் ஏற்றம் + சூரியனின் துருவ தூரம் = 90°

(அ-து) இடத்தின் அகலாங்கு + சூரியனின் துருவ தூரம் = 90°

∴ இடத்தின் அகலாங்கு = 90° — சூரியனின் துருவ தூரம் = சூரியனின் நடுவரை விலக்கம்

ஆகவே, உயர்ந்த அகலாங்கு கிடைக்க, சூரியனின் நடு வரை விலக்கம் மீப்பெரு மதிப்பை அடையவேண்டும்; (அ-து) 23° 28′

∴ மிக உயர்ந்த அகலாங்கு = 23° 28′]

18. எந்த அகலாங்கில் சூரியனின் பாதை அடிவானத்துடன் இணையும் (Coincides) ?

[வான நடுவரைக்கும், சூரியனின் பாதைக்கும் இடையே யுள்ள கோணம் 23° 28′. சூரியனின் பாதை அடிவானத் துடன் பொருந்தினால், வான நடுவரைக்கும் அடி வானத்திற்கும் இடையேயுள்ள கோணம் = 23° 28′.

∴ 23° 28 + இடத்தின் அகலாங்கு = 90°

∴ இடத்தின் அகலாங்கு = 90° — 23° 28′ = 66° 32′]

19. டப்ளின் (Dublin), வடக்கு அகலாங்கு 53° 20′ உள்ள ஊரில் ஏன் சூரியன் நேர் உச்சியில் காணப்படுவதில்லை. [டப்ளின் அகலாங்கு 53° 20′ ஆகையால், வானதுருவத்தின் உயரம் = 53° 20′. ஆகவே அந்த ஊரின் உச்சியின் துருவதூரம் = 90° — 53° 20′. (அ-து) உச்சியின் நடுவரை விலக்கம் = 53° 20′.

ஆனால் சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் 23° 28′க்கு அதிகமாக இருக்க முடியாதாகையால், சூரியன் அந்த ஊரில் உச்சியில் காணப்படமாட்டான்].

17. வானக் கோளத்தில் சூரியன், சந்திரன், நட்சத்திரங்கள் ஆகியவற்றை இடங்குறித்தல்

பூமியில் ஒரு குறிப்பிட்ட அகலாங்குள்ள இடத்தில், ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் விண் பொருள்களின் ஆயத்தொலைகள் கொடுக்கப்பட்டால், அவைகளை நாம் வானக்கோளத்தில் குறிக்கலாம்.

சந்திரனை இடங்குறிக்கப் பின்வரும் விவரங்களைக் கவனிக்கவும்.

(i) சந்திரனின் பாதை ஏறத்தாழ சூரியனின் பாதையோடு ஒன்றியதாகக் கொள்ளலாம்.

(ii) சூரியனும், சந்திரனும் இப்பாதையில் ஒரே திசையில் இடஞ்சுழியாகச் செல்கின்றன.

(iii) சந்திரன் இப்பாதையில் விண்மீன்கள் பின்னணியில் (அ-து) மீன்வழி மாதம் = $27\frac{1}{3}$ நாட்கள், பூமியைச் சுற்றிவர $27\frac{1}{3}$ நாட்களாகிறது. ஆகவே சந்திரனின் தனிக்கோணவேகம் நாளுக்கு $\frac{360°}{27\frac{1}{3}}$ = 13°·2′ ஆகும். ஆனால் பூமி சூரியனைச் சுற்றிவர 365 நாட்களாகின்றன, (அ-து) தோற்றத்திற்கு சூரியன் விண்மீன் பின்னணியில் பூமியைச் சுற்றிவர 365 நாட்கள்

எடுத்துக்கொள்கிறது. ஆகவே சூரியனின் தனிக்கோண வேகம் $= \frac{360°}{365} = 1°$ ஏறத்தாழ. எனவே, நாளுக்கு நாள் சந்திரன் சூரியனைப் பொதுப் பாதையில் 12°·2 முந்துகிறது. (அ-து) தோராயமாக, மணிக்கு மணி சந்திரன் சூரியனை $\frac{12°·2}{24} = \frac{1}{2}° = 30'$ முந்துகிறது.

(iv) சூரியனும், சந்திரனும் பொதுப்பாதையில் ஒரே இடத்தில் இருக்கும்போது, அவ்விரண்டும் ஒருதிசை நிலையில் உள்ளன (in conjunction) எனப்படும். அப்போது அவற்றின் விண் நெட்டாங்குகள் (celestial longitude) சமம்.

(v) பூமி சூரியனைச் சுற்றி வருவதால், சூரியன் விண் மீனிடையே கிழக்காக நகர்கிறது. அதை விட வேகமாகச் சந்திரன் விண்மீனிடையே கிழக்காக நகர்கிறது. இவ்விரண்டும் வானக் கோளத்தில் விண்மீன்களிடையே இவ்விதம் நகர்வதை ஒரு கடிகாரத்தில் மணி காட்டும் முள்ளும், நிமிடங்காட்டும் முள்ளும் நகர்வதற்கு ஒப்பிடலாம். இரண்டு முட்களும் ஒன்று சேர்ந்து இருந்து மறுபடியும் ஒன்று சேர 1 மணி நேரத்திற்கு மேல் (அ-து) 1 மணி $5\frac{5}{11}$ நி. ஆகும். இதேபோல் சூரியனும், சந்திரனும் ஒருதிசை நிலையிலிருந்து. மறுபடியும் ஒரே திசை யில் இருக்க ஒரு 'மீன்வழி' மாதத்திற்கு மேல் ஆகும். ஏனெனில், ஒவ்வொரு நாளிலும், சூரியன் சந்திரன் இருக்கும் திசையிலிருந்து 12°·2 விலகுகிறான். ஆகவே சூரியனிலிருந்து சந்திரனின் திசை மாற்றம் ஒரு சுற்று அல்லது 360° ஆக $\frac{360}{12°·2}$ நாட்களாகும். அதாவது $29\frac{1}{2}$ நாட்களாகும். இந்தக் காலத்தைத் தான் நாம் சூரியவழி (synodic) மாதம் என்கிறோம். ஒவ்வொரு 12°·2, சூரியனிருக்கும் திசையிலிருந்து சந்திரன் விலகுவதற்காகும் காலம் ஒரு திதி எனப்படும். முதல் 12° விலகும் நேரம் பிரதமை எனப்படும். பதினைந்தாவது திதியாகிய பௌர்ணமி முடியும் நேரம் சந்திரன் சூரியனுக்கு நேரெதிர் திசையில் இருப்பான். அப்பொழுது அவற்றின் விண் நெட்டாங்கு வேறுபாடு 180° ஆகும். இதற்கு ஆகும் நாள்கள் $= \frac{180}{12·2} = 14·75$. அப்போது சந்திரனும் சூரியனும் நேரெதிர் திசையில் உள்ளன (in opposition) எனப்படும். இந்நிலையில் முழுமதியம் (பௌர்ணமி—Full Moon) ஏற்படுகிறது. மேலும் $14\frac{3}{4}$ நாட்கள் கழித்து ஒருதிசை நிலை ஏற்படுகிறது. இந்நிலையில் அமாவாசை (New Moon) எனப்படும்.

(vi) சந்திரனின் வயது (Moon's age): இது அமாவாசைக்குப் பின்பு ஆகிய நாட்களைப் பொருத்தது. அமாவாசைக்குப் பின்பு x நாட்கள் கழித்து சந்திரனின் வயது x நாட்கள் எனப் படும். அன்று சூரியனுக்கும் சந்திரனுக்கும் இடைப்பட்ட தூரம் $= x \times 12°\cdot2$ ஆகும். ஆகவே அன்று சூரியனின் விண் நெட்டாங்கு ☉ ஆனால், சந்திரனின் விண் நெட்டாங்கு = ☉ + $x \times 12\cdot2$.

வானக் கோளப் படம் வரைய நாம் ஏற்கெனவே கண்ட சில விவரங்களை நினைவு கூர்வோம்

1. துருவத்தின் ஏற்றம் (altitude) பார்வையாளன் உள்ள இடத்தின் அகலாங்குக்குச் சமம்.

2. ஒரு குறிப்பிட்ட தருணத்தில் ஒரு வானப்பொருளின் வல ஏற்றம், நேரக்கோணம் ஆகியவற்றின் கூடுதல் அத் தருணத்திய மீன்வழி நேரமாகும்.

3. ஒரு வானப்பொருளின் வல ஏற்றம் (Right Ascension) அது உச்சி கடக்கும் மீன்வழி நேரத்திற்குச் சமம்.

4. ஒவ்வொரு வானப்பொருளும் மணி ஒன்றுக்கு 15° நேரக்கோணம் வரைகிறது.

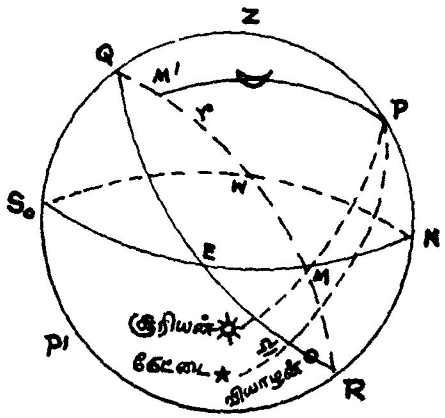
5. மார்ச் 21ஆம் தேதி முதல் செப்டம்பர் 23ஆம் தேதி வரை சூரியன் நடுவரைக்கு வடக்கே இருக்கிறான். வருடத்தில் மற்றப் பாகத்தில் அது நடுவரைக்குத் தெற்கே இருக்கிறது.

உதாரணம் 1 : வட அகலாங்கு 18° உள்ள ஓரிடத்தில் டிசம்பர் மாதம் 5ஆம் தேதி இரவு 9 மணிக்குத் தோன்றும் வானக் கோளப் படம் வரைந்து அதில், சூரியன், சந்திரன், வயது 9 நாள், வியாழன் (வல ஏற்றம் 13 மணிகள்), கேட்டை (வல ஏற்றம் 16 மணி - 22நிமிடம், நடுவரை விலக்கம் 26° 10′ தெற்கு) ஆகிய வற்றைக் குறிக்க.

காகிதத்தின் தளம் உச்சி வட்டத்தின் தளமெனக் கொள்க.

வானக் கோளம் வரைந்து S_0, N, Z, Z' ஆகியவற்றை இடங் குறிக்கவும். $NP = 18°$ ஆக, வடதுருவம் Pஐ குறிக்க (வட துருவத்தின் ஏற்றம் = இடத்தின் அகலாங்கு. கோள மையம் O வழியாக PP' வரைந்தால், P' தென் துருவமாகும். O வழியாக PP'க்குச் செங்குத்தாக தளம் வரைக. இதன் வானக் கோளத்தின் வெட்டுமுகம் $EQWR$ என்னும் வான நடுவரை ஆகும்.

நேரம் இரவு 9 மணி ஆகையால், சூரியனின் நேரக்கோணம் மேற்கு 135° ஆகும். ஆகவே சூரியன்வழி வரையும் நடுவரை விலக்கக் குத்து வட்டத்தின் (Declination circle) அடி *M* ஆனது *Wk*ன் நடுப்புள்ளியாகும். டிசம்பர் 5ஆம் தேதி ஆகையால், சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் ஏறத்தாழ 19° தெற்கு ஆகும்.



படம் 12-14

எனவே சூரியன் நடுவரைக்கு 19° கீழே இருக்கும். சூரியனின் வல ஏற்றம் ஏறத்தாழ (270° — 17°) = 253° ஆகும். [குறிப்பு : டிசம்பர் 22ஆம் தேதிக்குச் சூரியனின் வல ஏற்றம் 270°. டிசம்பர் 22ஆம் தேதிக்கு 17 நாள் முன்னிருப்பதால், அன்று சூரியனின் வல ஏற்றம் = 270° — 17° = 253° ஆகும்].

வல ஏற்றம் மேடமுதற் புள்ளி γவிலிருந்து கிழக்காக இடஞ் சுழியாக அளக்கப்படுவதால், *M*லிருந்து வலஞ்சுழியாக 253° அளந்து γ குறிக்கப்படுகிறது. [$MR = 45°$; $RQ = 180°$; $Q\gamma = 28°$
$MR + RQ + Q\gamma = 45° + 180° + 28° = 253°$]

γக்கு நேரெதிர் புள்ளி துலாம் முதற்புள்ளி ♎ ஆகும்.

$$R♎ = 28°$$

சந்திரனின் வயது 9 நாட்கள் 9 மணி ஆதலால், சூரியனி லிருந்து அதன் விலக்கம் $= 9\frac{3}{8} \times 12{\cdot}2 = 114°{\cdot}4$. ஆகவே *M*லிருந்து இடஞ்சுழியாக 114°·4 அளந்தால் சந்திரன்வழி

வரையும் நடுவரை விலக்கக் குத்து வட்டத்தின் அடி M'ஐ அடைவோம்.

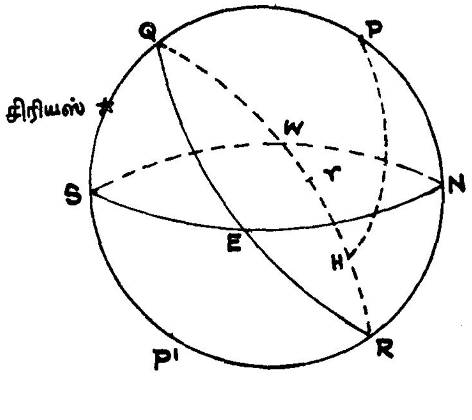
$$[MW = 45°;\ W\gamma = WQ - Q\gamma = 90° - 28° = 62°;\ \gamma M' = 7°{\cdot}4$$

வியாழனின் வல ஏற்றம் = 13 மணி = 195° ஆதலின், γவிலிருந்து இடஞ்சுழியாக 195° அளந்தால் வியாழன் வழி வரையும் நடு வரைக் குத்து வட்டத்தின் அடி M_1ஐ அடைவோம்.

$$[\gamma Q = 28°;\ QE = 90°;\ EM_1 = 77°]$$

கேட்டையின் வல ஏற்றம் = 16மணி - 22நிமிடம் = 245° 30′ ஆதலின் γவிலிருந்து இடஞ்சுழியாக 245° 30′ அளந்து கேட்டையின் வழி வரையும் நடுவரைக் குத்து வட்டத்தின் அடி M_2ஐ அடைவோம் $[\gamma Q = 28°;\ QR = 180°;\ RM_2 = 37°\ 30']$. அதன் நடுவரை விலக்கம் தெற்கு என்பதால், அது நடுவரைக்குத் தெற்கே குறிக்கப்பட்டிருக்கிறது.

உதாரணம் 2 : சிரியஸ் (Sirius) என்னும் விண்மீனின் வல ஏற்றம் 6 மணி 41 நிமிடம்; அதன் நடுவரை விலக்கம் 16° 36′ தெற்கு. அது எந்த மாதத்தில் இரவு 8 மணிக்கு நேர் தெற்கில் காணப்படும்?



படம் 12-15

சிரியஸ் நேர் தெற்கில் இருக்கும்போது அது காட்சியாளனின் உச்சி வட்டத்தில் (Meridian) அமையும். அதன் வல ஏற்றம் 6மணி 41 நிமிடம் ஆதலால், அத்தருணத்தில் மேடமுதற்புள்ளி (γ)

ஆனது வான நடுவரைமீது உச்சி வட்டத்திலிருந்து $90^\circ + 10\frac{1}{4}^\circ$ வலஞ்சுழியாக அளந்து கிடைக்கப்பெறும் புள்ளியுடன் பொருந்தும்.

$$\therefore\ Q\gamma = 100\tfrac{1}{4}^\circ;\quad \therefore\ W\gamma = 10\tfrac{1}{4}^\circ$$

இரவு 8 மணிக்கு, சூரியன் மறைந்து 2மணி நேரமாதலால், அதன் நடுவரைக் குத்து வட்டம் *PW*விலிருந்து 30° விலகி இருக்கும். ஆகவே அக் குத்து வட்டம் நடுவரையைச் சந்திக்கும் புள்ளியாகிய *H*ஆனது γவிலிருந்து $(30^\circ - 10\frac{1}{4}^\circ) = 19\frac{3}{4}^\circ$ தூரத்தில் அமையும்.

ஆகவே அன்று சூரியனின் வல ஏற்றம் (γவிலிருந்து இடஞ்சுழியாக அளக்க) $= 360^\circ - 19\frac{3}{4}^\circ$ ஆகும்.

ஆகவே, இன்னும் $19\frac{3}{4}^\circ$ அதிகரித்தால் γ உடன் பொருந்துவான். இனி, சூரியன் மார்ச் மாதம் 21ஆம் தேதி γவில் இருக்கிறான். சூரியனின் வில் ஏற்றம் நாளொன்றுக்கு $\frac{360^\circ}{365\frac{1}{4}}$ விகிதத்தில் அதிகரிப்பதால், இன்னும் $19\frac{3}{4}^\circ$ அதிகரிக்க $\frac{365\frac{1}{4}}{360} \times 19\frac{3}{4}$ நாட்கள் (அ-து) சுமார் 20 நாட்கள் ஆகும்.

ஆகவே மார்ச் 21ஆம் தேதிக்கு முன் 20 நாட்கள்.

(அ-து) மார்ச் 1ஆம் தேதி சிரியஸ் என்னும் விண்மீன் இரவு 8 மணிக்கு நேர் தெற்கில் காணப்படும்.

உதாரணம் 3

சூரியன், சந்திரன் ஆகியவற்றின் வான நெட்டாங்குகள் (longitudes) கீழே தரப்பட்டுள்ளன.

தேதி		சூரியன்	சந்திரன்
டிசம்பர் 31ஆம் தேதி	நண்பகல்	279° 36′ 30″	95° 0′ 30″
,,	நடுநிசி	280° 7′ 0″	102° 1′ 30″

முழுமதி நேரம் காண்க

முழுமதி நேரம் இரவு x மணி ஆகட்டும். அப்பொழுது சூரிய, சந்திர நெட்டாங்குகளின் வித்தியாசம் 180° ஆக இருக்க வேண்டும்.

நண்பகலில், நெட்டாங்குகளின் வித்தியாசம் 184° 36′ 0″

இரவு x மணிக்கு நெட்டாங்குகளின் வித்தியாசம் = 180°0′0″

நடுநிசியில் நெட்டாங்குகளின் வித்தியாசம் = 178° 5′ 30″

விகித சம விதியின்படி,

$$\frac{184^\circ\,36'\,0'' - 178^\circ\,5'\,30''}{184^\circ\,36'\,0'' - 180^\circ\,0'\,0''} = \frac{12}{x}$$

$$\therefore \quad \frac{6^\circ\,30'\,30''}{4^\circ\,36'\,0''} = \frac{12}{x}$$

$\therefore \quad x =$ 8 மணி 28 நி, 53 செ.

உதாரணம் 4

சுவாதி (Arcturus) உச்சி வட்டத்தை (Meridian) மார்ச் மாதம் 21ஆம் தேதி நண்பகலுக்குப் பிறகு 14 மணி 12 நிமிட அளவில் கடக்கிறது. அது வருடத்தில் எந்த பாகத்தில் (1) காலை விண்மீனாகக் காட்சியளிக்கும், (2) மாலை விண்மீனாகக் காட்சியளிக்கும்.

சுவாதி உச்சி வட்டத்தை A என்னுமிடத்தில் கடக்கட்டும், அப்பொழுது வானியல் நேரம் நண்பகலிலிருந்து 14 மணி 12 நி. (அ-து) சூரியன் உச்சியைக் கடந்து 14 மணி 12 நி. ஆகிவிட்டன, ஆகவே, சூரியன்வழி நடுவரைக்கு வரையும் குத்துவட்டத்தின் அடி F எனில்,

$$\text{வில் } QWRF = 14 \times 15^\circ + \frac{12}{60} \times 15^\circ = 210^\circ + 3^\circ = 213$$

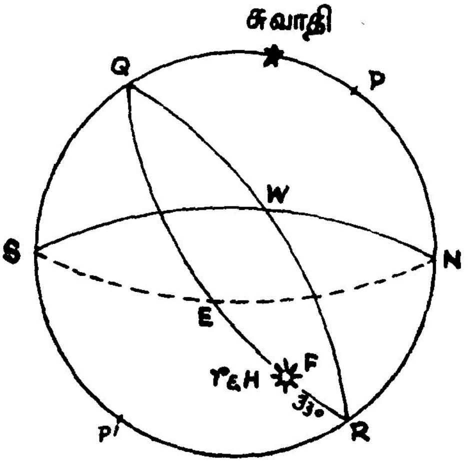
$\therefore$ வில் $RF = 33^\circ$

தேதி மார்ச் மாதம் 21 ஆகையால், சூரியன், மேட முதற்புள்ளி γ உடன் அடி Fல் இருப்பான்.

சுவாதி காலை விண்மீனாகக் காட்சியளிக்க, அதன் அடி, சூரியனின் அடியிலிருந்து சற்றே விலகி இருக்கவேண்டும்.

இப்பொழுது வில் $QF = 180^\circ - 33^\circ = 147^\circ$. இந்த வில் பூச்சியமாக, (அ-து) F ஆனது Qயுடன் பொருந்த, மார்ச் 21ஆம் தேதிக்கு முன் 147 நாட்கள் கணக்கிடவேண்டும். (ஏனெனில்

சூரியன் இடஞ்சுழியாக நாளொன்றுக்கு 1° வீதம் தன் பாதையில் நகருகிறான்), (அ-து) அக்டோபர் 25ஆம் தேதி ஆகும்.



படம் 12-16

அக்டோபர் 25ஆம் தேதி முதல் காலை விண்மீனாகக் காட்சி யளிக்கும். 6 மாதம் கழித்து (அ-து) ஏப்ரல் 25ஆம் தேதி முதல் அது மாலை விண்மீனாகக் காட்சியளிக்கும்.

பயிற்சி

1. 66° வட அகலாங்குள்ள ஓரிடத்தில் செப்டம்பர் மாதம் 23ஆம் தேதி முற்பகல் 9 மணிக்குப் பார்வையாளனுக்குத் தோன்றும் வானக் கோளத்தின் படம் வரைந்து அதில் சூரியன், சந்திரன், வயது 3 நாள்; விண்மீன் ரைகல் (Rigel) (வல ஏற்றம் 5 மணி 10 நி. நடுவரை விலக்கம் 8° 27′ தெற்கு), விண்மீன் வேகா (Vega) (வல ஏற்றம் 18 மணி 34 நிமி.; நடுவரை விலக்கம் 38° 42′ வடக்கு) ஆகியவற்றை இடங் குறித்துக் காட்டவும். கதிரவனின் பாதையையும் வரைந்து காட்டு.

2. சென்னையில் வட அகலாங்கு 13° 4′ மார்ச் மாதம் 21ஆம் தேதியன்று சூரிய உதயத்தின்போது வானக் கோளத்தின் படம் வரைந்து அதில் வான நடுவரை, கதிரவன் பாதை, சென்னையின் அடிவானம் ஆகியவை ஒன்றுக்கொன்று அமையும் விதத்தைக் குறித்துக் காட்டவும்.

3. 45° வட அகலாங்குள்ள ஓரிடத்தில் அக்டோபர் மாதம் 13ஆம் தேதி முற்பகல் 10 மணிக்குக் காட்சியாளனுக்கு வானக் கோளம் வரைந்து அதில் கதிரவன், சந்திரன், வயது 18 நாள், S விண்மீன் ($\alpha = 100°$, $\delta = 25°$ தெற்கு) ஆகியவற்றை இடங்குறித்துக் காட்டுக. கதிரவன் பாதையையும் வரைந்து காட்டுக.

4. 13° வட அகலாங்கில் உள்ள காட்சியாளனுக்கு, மார்ச் மாதம் 21ஆம் தேதியன்று சூரிய அஸ்தமனமாகி 1 மணி நேரம் கழித்து, வல ஏற்றம் 7 மணியும், நடுவரை விலக்கம் +13° கொண்ட ஒரு விண்மீன் எந்நிலையில் காணப்படும்.

5. ஒரு விண்மீனின் வல ஏற்றமும், நடுவரை விலக்கமும் முறையே 3 மணி 2 நி; 40° 38′ வடக்கு. அது சென்னை (வட அகலாங்கு 13° 4′) உச்சி வட்டத்தை நவம்பர் மாதம் 9ஆம் தேதி எத்தனை மணிக்குக் கடக்கும்? அப்பொழுது அதன் உச்சி உயரம் (meridian altitude) என்ன?

[இரவு 11 மணி 54 நி.; 62° 26′]

6. வட அகலாங்கு 61° உள்ள இடத்தில் சூரியனின் மீப்பெரு, மீச்சிறு உச்சி உயரம் காண்க.

[52° 27½′; 5° 32½′]

7. நண்பகல் சரியாக 12 மணிக்கு நேர் உச்சிப் புள்ளியில் (Zenith) சூரியனைக் காணக்கூடிய இடத்தின் மீப்பெரு அகலாங்கு, வடக்கு அல்லது தெற்கு, யாதெனக் காண்க.

[$\phi = \omega$]

8. கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள விவரங்களில் இருந்து அமாவாசை (அ - து) இருள் மதி (New moon) நேரம் என்ன என்று கணக்கிடுக.

தேதி		சூரியனின் நெட்டாங்கு	சந்திரனின் நெட்டாங்கு
ஜூலை 26	நண்பகல் (Noon)	125° 4′ 30″	122° 0′ 0″
	நடுநிசி (Midnight)	125° 34′ 30″	128° 41′ 15″

9. சென்னையில் (வட அகலாங்கு 13° 4′) செப்டம்பர் மாதம் 1 ஆம் தேதியன்று எந்த நேரத்தில் கதிரவன் பாதை கிழக்கு, மேற்குப் புள்ளிகள் வழியாகச் செல்லும் எனக் காண்க? அப்பொழுது அடிவானத்தொடு அதன் சாய்வு என்ன?

(7-30 P.Mor A.M. ; 53° 28′ 30″)

10. வட அகலாங்கு 15° உள்ள இடத்தில், மேட முதற்புள்ளி உதிக்கும்போது, கதிரவன் பாதை காட்சியாளனின் அடி வானத்தோடு உண்டாக்கும் கோணம் என்ன ?

[51° 32′ 30″]

13. பூமியில் பல மண்டலங்களில் பகல், இரவுப் பொழுதுகளின் மாறுதல்கள்

1. நாம் முன்பு ஒரு தெரிந்த விண்மீனின் (α, δ) உதய காலம், உதயமாகும் இடம், அது தொடுவானத்திற்கு மேல் இருக்கும் காலம் ஆகியவற்றைக் கணிக்கும் முறைகளைப் பார்த்தோம்.

இதே முறைகள் கதிரவனுக்கும் பொருந்தும். ஆனால், கதிரவனின் α மாறிக்கொண்டேயிருக்கிறது. ஓராண்டில் α என்பது 0 முதல் 360° வரைக்கும் மாறுகிறது. δ என்பது $-23\frac{1}{2}°$ முதல் $23\frac{1}{2}°$ வரைக்கும் மாறுகிறது. இவ்விதம் α வும், δ வும் மாறுவதால், சூரியன் உதிக்கும் நேரம், இடம், பகல் இரவுப் பொழுதுகள் நாளுக்கு நாள் மாறிவரும். இம்மாறுதல்கள் இடத்தின் அகலாங்கு ϕ ஐயும் சார்ந்திருக்கும். இம் மாறுதல்களை விவரிப்போம்.

முதலில் வட அகலாங்கு உள்ள இடங்களில் இம்மாறுதல்களை விவரிப்போம். இதே முறைகள் தெற்கு அகலாங்கு உள்ள இடங்களுக்கும் பயன்படும்.

பூமியில் உள்ள மண்டலங்களை நாம் பின்வருமாறு பிரிக்கலாம்:

(i) பூமியின் நடுவரை மீதுள்ள இடங்கள் ($\phi = 0$)
(ii) வட வெப்ப மண்டலம் ($0 < \phi < 23\frac{1}{2}°$)
(iii) கடகரேகை (Tropic of cancer) ($\phi = 23\frac{1}{2}°$)
(iv) வட மிதவெப்ப மண்டலம் ($23\frac{1}{2}° < \phi < 66\frac{1}{2}°$)
(v) ஆர்க்டிக் வட்டம் ($\phi = 66\frac{1}{2}°$)
(vi) வட குளிர் மண்டலம் ($66\frac{1}{2}° < \phi < 90°$)
(vii) வட துருவம் ($\phi = 90°$)

மேற்கூறிய இடங்களில் பகல் இரவுப் பொழுதுகள் எப்படி ஓராண்டுக் காலத்தில் மாறுகின்றன எனப் பார்ப்போம்.

(I) பூமியின் நடுவரையின்மீதுள்ள ஓரிடம் ($\phi = 0$)

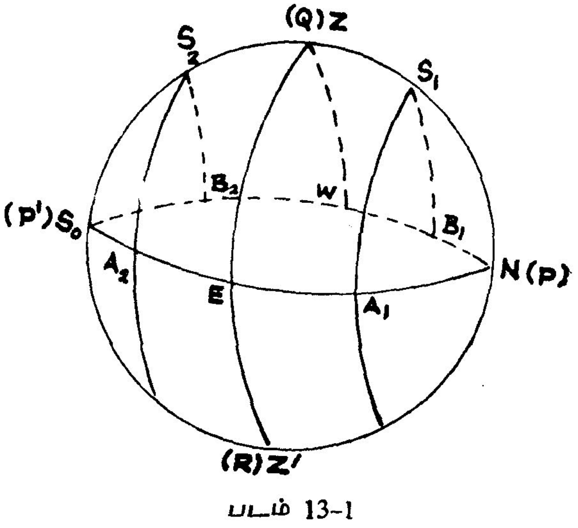
ϕ பூச்சியமாதலால், வான வட, தென் துருவப் புள்ளிகள் P, P' இரண்டும் முறையே N, S_0 உடன் இணைந்துவிடும். வான நடுவரை மூலக் குத்துவட்டத்துடன் இணைந்துவிடுகிறது.

மார்ச் 21, செப்டம்பர் 23 ஆகிய இரு தினங்களிலும் சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் பூச்சியமாதலால், இவ்விரு தினங்களிலும் சூரியனின் பாதை வான நடுவரையாகும். இவ்விரு தினங்களிலும், சூரியன் கிழக்குப் புள்ளி Eயில் உதித்து மேற்குப் புள்ளி Wவில் மறைகிறது. இந்த இரண்டு நாள்களிலும் சூரியன் உதயத்தில் நேரக்கோணம் $= \angle ZNE = 90°$; எனவே பகற்காலம் 12 மணி; இரவுக் காலமும் 12 மணி.

$$\text{இனி, } \cos h = -\tan\phi \tan\delta$$

ஆனால் எல்லாப் பூமத்திய ரேகைப் பிரதேசங்களுக்கும் $\phi = 0$; ஆகவே δ எதுவாக இருப்பினும்,

$$\therefore \cos h = 0 \quad \therefore h = 90°$$



படம் 13-1

∴ ஆண்டு முழுவதும் பகற்பொழுது தினந்தோறும் 12 மணி நேரமாகும். ஆனால் உதிக்கும் இடங்கள் மட்டுமே மாறும். சூரியனின் தினசரிப் பாதை வான நடுவரைக்கு (அ-து) மூலக் குத்துவட்டத்திற்கு (Prime vertical) இணையான சிறு வட்டங்களாக அமையும்.

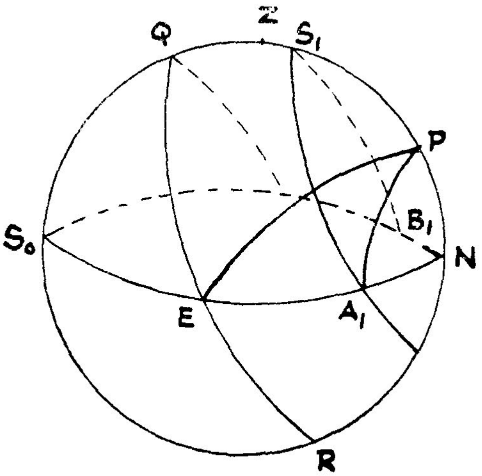
மார்ச் மாதம் 21ஆம் தேதி முதற்கொண்டு, சூரியன் வான நடுவரைக்கு வடக்காகச் செல்கிறான். கிழக்குப் புள்ளிக்கு வடக்காக உதித்து, மேற்குப் புள்ளிக்கு வடக்காக மறைகிறான். ஜூன் மாதம் 22ஆம் தேதிவரை இவ்வாறே நிகழும். ஜூன் 22ஆம் தேதி சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் மீப்பெரு மதிப்பு ω வைப் பெறுகிறது. அன்றைய தினம் சூரியனின் தினசரிப் பாதை $A_1 S_1 B_1$ ஆகும். ஜூன் 22ஆம் தேதிக்குப் பிறகு, சூரியன் வந்த வழியே திரும்பி செப்டம்பர் 23ஆம் தேதியன்று மீண்டும் வான நடுவரை மேல் செல்கிறது. செப்டம்பர் 23ஆம் தேதிக்குப் பிறகு சூரியனின் தென் நடுவரை விலக்கம் அதிகரிக்கிறது. டிசம்பர் மாதம் 22ஆம் தேதி, வான நடுவரைக்குத் தெற்கே மீப்பெரு தொலைவில் A_2வில் உதித்து $A_2 S_2 B_2$ என்னும் தினசரிப் பாதையில் செல்கிறது. இந்தத் தேதிக்குப் பின்னர் சூரியன் வந்த வழியே திரும்பி மீண்டும் மார்ச் மாதம் 21ஆம் தேதி வான நடுவரையை அடைகிறது.

இவ்வாறாக ஆண்டு முழுவதும் ஏற்படும் சூரியனின் தினசரிப் பாதைகள் தொடுவானத்தால் இரு சம கூறாக்கப்படுகின்றன. எனவே சூரியன் தொடுவானத்திற்கு மேலே எவ்வளவு நேரம் உள்ளதோ அவ்வளவு நேரம் தொடுவானத்திற்குக் கீழே உள்ளது. ஆகவே பூமியின் நடுவரை மீதுள்ள இடங்களில் இரவு பகல் சமமாகி ஒவ்வொன்றும் 12 மணியாகிறது மேலும் இவ்விடங்களில் சூரியன் மார்ச் 21, செப்டம்பர் 23 ஆகிய தேதிகளில் உச்சி வழியாகச் செல்கிறது.

(ii) வடவெப்ப மண்டலத்தில் (North Torrid Zone) உள்ள இடங்களில் பகல் இரவு நேரம் காணல் ($0 < \phi < 23\frac{1}{2}°$)

மார்ச் 21ஆம் தேதி, சூரியனின் தினசரி இயக்கப்பாதை வான நடுவரையுடன் இணைகிறது. கிழக்குப் புள்ளியில் உதித்து மேற்குப்புள்ளியில் மறைகிறது. அன்றையதினம் அது உதிக்கும் போது அதன் நேரக்கோணம் $= ZPE = 90°$. ஆகவே பகற்பொழுது 12 மணி நேரம். இரவு நேரமும் 12 மணியாக இருக்கும். மார்ச் 21 முதல் ஜூன் 22ஆம் தேதி வரை, சூரியனது தினசரி இயக்கப் பாதை நடுவரைக்கு வடக்காக இருக்கும். $A_1 S_1 B_1$ என்பது ஜூன் 22 ஆம் தேதி உள்ள அதன் மிக வடக்கான பாதையாகும். படத்தில் இருந்து மார்ச் 21 முதல் சூரியன் உதிக்கும் போது அதன் நேரக்கோணம் அதிகரித்துக்கொண்டேபோய் அதன் மீப்பெரு மதிப்பாகிய $\angle ZPA_1$ஐ ஜூன் 22ஆம் தேதி

அடைகிறது. ஆகவே பகற்பொழுது அதிகரித்துக்கொண்டே போகிறது. அதற்கேற்ப இரவுப் பொழுது குறைந்துகொண்டே போகிறது.



படம் 13-2

ஜுன் 22ஆம் தேதி இந்த அகலாங்குள்ள இடங்களில் மீப்பெரு பகற்பொழுதாகும்.

இதன் அளவு $= \frac{2h}{15}$ மணிகள் $= \frac{2}{15} \cos^{-1} (-\tan\phi \tan\omega)$, ஏனெனில் ஜுன் 22ஆம் தேதி சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் $= \delta = \omega = 23\frac{1}{2}°$

மார்ச் 21ஆம் தேதிக்கும், ஜுன் 22ஆம் நாளுக்கும் இடையில் ஏதாவதொருநாள் சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் காட்சியிடத்தின் அகலாங்குக்குச் சமமாகும். [ஏனெனில் $\delta \leqslant 23\frac{1}{2}°$; $0 < \phi < 23\frac{1}{2}°$]. அந்த நாளன்று சூரியனின் பாதை QRக்கு இணையாக ϕ தூரமுள்ள ஒரு சிறுவட்டமாகும். $\phi = QZ$ ஆகையால், அன்று சூரியன் நேர் உச்சி Z வழியாக உச்சி கடக்கும்.

ஜுன் 22ஆம் தேதிக்குப் பிறகு, சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் குறைவதால் சூரியன் வந்தவழியே திரும்பிச் செல்கிறது. இப்பொழுது மற்றுமோர் முறை சூரியனின் நடுவரை விலக்கம்

காட்சியிடத்தின் அகலாங்கிற்குச் சமமாகி சூரியன் நேர் உச்சி வழியாக உச்சி கடக்கும். செப்டம்பர் 23ஆம் தேதி மீண்டும் வானநடுவரையை அடைகிறது. அந்நாளில் இரவும் பகலும் சமநேரம் 12 மணி கொண்டதாக உள்ளது.

செப்டம்பர் 23 ஆம் தேதியிலிருந்து, அதன் தினசரி இயக்கப் பாதை வான நடுவரைக்குத் தெற்காக அமையும். டிசம்பர் 22ஆம் தேதி அதன் தென்கோடி பாதையாகிய A_2 S_2 B_2 வரையும். இப் பாதை நடுவரையிலிருந்து ω தூரத்தில் அமையும். ஏனெனில் சூரியனின் மிகத் தெற்கு விலக்கம் = δ = ω ஆகும்.

அன்று சூரியனின் உச்சி ஏற்றம்

$$= S_0S_2 = ZS_0 - ZQ - QS_2 = 90 - \phi - \omega$$

செப்டம்பர் 23விருந்து டிசம்பர் 22 ஆம் தேதி வரை, சூரியன் உதயமாகும்போதுள்ள நேரக்கோணம் குறைந்துகொண்டே போகிறது. ஆகவே, பகல்பொழுது குறைவாகிக்கொண்டும், இராப்பொழுது 12 மணிக்கு அதிகமாகிக்கொண்டும் செல்லும். டிசம்பர் 22 ஆம் தேதி மீச்சிறு பகல்நேரம் கொண்ட நாளாகும்.

டிசம்பர் 22க்குப் பின்னர் சூரியன் வந்த வழியே திரும்பி மீண்டும் மார்ச் 21ஆம் தேதி வான நடுவரையை அடைகிறது.

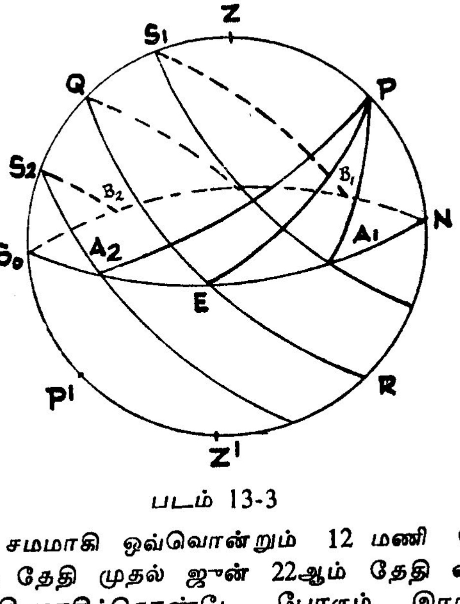
ஆகவே, வட வெப்ப மண்டலத்திலுள்ள இடங்களில் மார்ச் 21, செப்டம்பர் 23 ஆகிய இரு தேதிகளில் பகல், இரவு நேரங்கள் சமமாகி ஒவ்வொன்றும் 12 மணி நேரமாகிறது. மேலும் ஜுன் 22ஆம் தேதி பகல் பொழுது மிக அதிகமாகவும், டிசம்பர் 22ஆம் தேதி பகல் நேரம் மிகக் குறைவாகவும் இருக்கிறது. இம்மண்டலத்தில், மார்ச் 21ஆம் நாளுக்கும் ஜுன் 22ஆம் நாளுக்கும் இடையில் சூரியனது நடுவரை விலக்கம் காட்சியிடத்தின் அகலாங்குக்குச் சமமாகும் நாளன்று சூரியன் நேர் உச்சி Z வழியாக உச்சி கடக்கும். இதே போல் ஜுன் 22ஆம் தேதியிலிருந்து செப்டம்பர் 23ஆம் தேதிக்கு இடையில் மற்றுமோர் முறை கதிரவன் நடுவரை விலக்கம் காட்சியிடத்தின் அகலாங்கிற்குச் சமமாகி சூரியன் நேர் உச்சி Z வழியாக உச்சி கடக்கும். இந்த இரண்டு நாள்களிலும், அதன் உச்சி உயரம் (meridian altitude) மீப்பெரு மதிப்பைக் கொண்டு 90°க்குச் சமமாகும். டிசம்பர் 22ஆம் தேதி அதன் உச்சி உயரம் மீச்சிறு மதிப்பை அடையும். அதன் மதிப்பு $= 90° - \phi - \omega$.

(iii) **கடகரேகையின் (Tropic of Cancer) மீதுள்ள இடங்களின் பகல் இரவு நேரங்காணல்**

கடக ரேகைமீதுள்ள ஓரிடத்தில் பகல் இரவு நேரங்களில் காணும் மாறுதல்கள் மேலே இரண்டாவது பிரிவில் விவரித்த படியே இருக்கும். இவ்விடங்களில், ஜுன் 22ஆம் தேதி சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் $\delta = \omega = 23\frac{1}{2} = \phi$ ஆகிறபடியால், அன்று சூரியன் தலைக்கு நேர் உச்சி Z வழியாகச் செல்கிறது. சூரியன் இதற்கு வடக்காகப் போகாது. மேலும் அன்று ஒரு நாள் மட்டுமே அவ்விடங்களில் நண்பகலில் சூரியன் தலைக்கு நேர் மேல் உச்சி வழி செல்லும். [முன் பிரிவில், $\phi < 23\frac{1}{2}°$; ஆனால் δன் மீப்பெரு மதிப்பு $= 23\frac{1}{2}°$. ஆகவே δ இருமுறை ϕன் மதிப்பை அடையும்].

(iv) வட மிதவெப்ப மண்டலத்தில் உள்ள இடங்களில் பகல் இரவு நேரம் காணல் (North Temperate Zone) ($\omega < \phi < 90° - \omega$)

இம் மண்டலத்தில் உள்ள பகல் இரவு நேரங்களில் காணும் மாறுதல்கள் மேலே இரண்டாவது, மூன்றாவது பகுதிகளில் விவரித்தபடியே இருக்கும். (அ-து) மார்ச் 21ஆம் தேதியன்றும், செப்டம்பர் 23ஆம் தேதியன்றும் பகல், இரவுப்



படம் 13-3

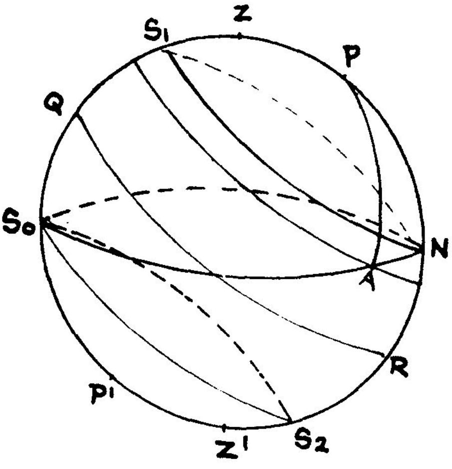
பொழுதுகள் சமமாகி ஒவ்வொன்றும் 12 மணி நேரமாகும். மார்ச் 21 ஆம் தேதி முதல் ஜுன் 22ஆம் தேதி வரை பகற் பொழுது அதிகமாகிக்கொண்டே போகும். இராப்பொழுது

அதற்கேற்ப குறைந்துகொண்டே போகும். ஜூன் மாதம் 22ஆம் தேதி மீப்பெரு பகல் நேரம் கொண்ட நாளாகும். செப்டம்பர் 23ஆம் தேதியிலிருந்து டிசம்பர் 22ஆம் தேதி வரை பகல் பொழுது குறைந்தும் இராப்பொழுது அதிகரித்தும் காணப்படும். டிசம்பர் 22ஆம் தேதி மீச்சிறு பகல் நேரம் கொண்ட நாளாகும்.

சூரியனின் உச்சி உயரத்தின் (meridian altitude) மீப்பெரு மதிப்பு $= S_0 S_1 = S_0 Q + QS_1 = 90 - \phi + \omega$. இம் மதிப்பை ஜூன் 22ம் தேதியன்று சூரியன் அடைகிறான். சூரியனின் உச்சி உயரத்தின் மீச்சிறு மதிப்பு $= S_0 S_2 = S_0 Q - S_2 Q = 90 - \phi - \omega$. இம்மதிப்பைச் சூரியன் டிசம்பர் 22ஆம் தேதி பெறுகிறான். இம் மண்டலத்தில் உள்ள இடங்களில் ஒருநாளும் சூரியன் தலைக்கு நேரே Zல் உச்சி கடப்பதில்லை. சூரியன் வான உச்சிக்குத் தெற்கேயே உச்சி கடக்கிறான்.

(V) ஆர்க்டிக் வட்டத்தின் மேலுள்ள இடங்கள் $(\phi = 90 - \omega) = 66\frac{1}{2}°$

மார்ச் 21ஆம் தேதி சூரியன் மேட முதற்புள்ளியில் (First point of Aries) உள்ளது. எனவே அன்று சூரியனின் பாதை வான நடுவரை QR ஆகும். கிழக்குப் புள்ளி Eயில் உதித்து



படம் 13-4

மேற்குப் புள்ளி W வில் மறைகிறது. சூரியன் உதயமாகும்போது நேரக்கோணம் 90° ஆதலால் பகல் பொழுது 12 மணி; இராப் பொழுதும் 12 மணி. மார்ச் 21ஆம் தேதிக்குப்பின் சூரியனின்

நடுவரை விலக்கம் அதிகமாவதால், சூரியனின் பாதை வான நடுவரைக்கு வடக்கே இணையாக உள்ள சிறுவட்டங்களாகும். ஆர்க்டிக் வட்டத்தின் மீதுள்ள இடங்களில் அகலாங்கு $66\frac{1}{2}°$ ஆதலால், சூரியனின் பாதை அடிவானத்துடன் சிறிதளவே சாய்ந்திருக்கும். எனவே, மார்ச் 21க்குப் பின் நாள்கள் செல்லச் செல்ல சூரியனின் நேரக்கோணம் 90°க்கு மேல் மிக வேகமாக உயர்ந்து செல்லும் (படத்தைப் பார்க்க). ஆகவே பகல் நேரம் மிக வேகமாக அதிகரிக்கிறது. இரவு நேரம் மிக வேகமாகக் குறைகிறது. ஜுன் 22ஆம் தேதி, நடுவரை விலக்கம் $23\frac{1}{2}°$ ஆதலால்,

$$\text{Cos } h = -\tan\phi \tan\delta$$
$$= -\tan 66\tfrac{1}{2}° \tan 23\tfrac{1}{2}°$$
$$= -1$$
$$\therefore h = 180°$$
$$\therefore \text{பகற்பொழுது} = \frac{2h}{15} = \frac{2\times180°}{15} = 24 \text{ மணி}$$

மேலும் $PN = 66\frac{1}{2}°$; $PR = 90°$

$\therefore PN = 23\frac{1}{2}°$.

∴ சூரியன் தொடுவானத்தை வடக்குப் புள்ளி Nல் தொட்டுக்கொண்டு செல்கிறான். ஆகவே நாள் முழுவதும் சூரியன் தொடுவானத்திற்கு மேலேயே இருக்கிறது. அன்று பகல் நேரம் 24 மணி; இரவே கிடையாது.

ஜுன் 22ஆம் தேதிக்குப்பின் சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் குறைகிறது. சூரியன் வந்தவழியே திரும்பிச் செல்கிறான். பகல் நேரம் நாளுக்குநாள் குறைகிறது. இரவு நேரம் தொடர்ந்து அதிகமாகிறது. இவ்வாறாக செப்டம்பர் 23ஆம் தேதி வரை தொடர்ந்து நடந்து செப்டம்பர் 23ஆம் தேதி சூரியன் துலாம் முதற் புள்ளியை (First Point of Libra) அடைகிறான். அன்று பகல், இரவு சமமாகி ஒவ்வொன்றும் 12 மணியாகிறது. செப்டம்பர் 23ஆம் தேதிக்குப்பின் சூரியன் வானநடுவரைக்குத் தெற்கே செல்கிறான். இந்நாட்களில் பகல்நேரம் 12 மணிக்கும் குறைய ஆரம்பிக்கிறது. இவ்வாறு தொடர்ந்து டிசம்பர் 22ஆம் தேதிவரை நடக்கிறது. டிசம்பர் 22ஆம் தேதி சூரியனின் பாதை S_0S_0 ஆகும் தொடுவானத்தை S_0ல் தொட்டுக்கொண்டு, தொடுவானத்திற்குக் கீழே இருக்கின்றது.

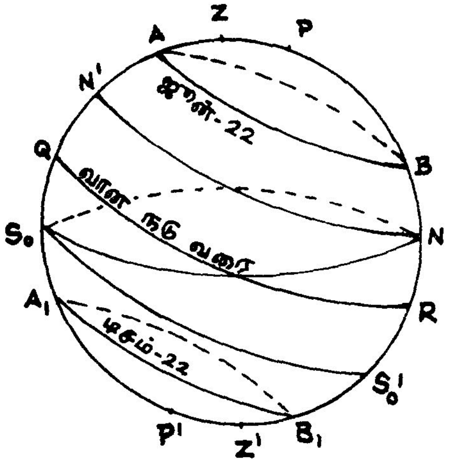
[ஏனெனில், $ZQ = 90 - PZ = 90 - 23\frac{1}{2}° = 66\frac{1}{2}°$

$\therefore QS_0 = 90 - ZQ = 90 - 66\frac{1}{2}° = 23\frac{1}{2}°$]

ஆகவே அன்று முழுவதும் இரவாகவே உள்ளது. பகல் இல்லை. டிசம்பர் 22க்குப் பின்னர், சூரியன் வானநடுவரையை நோக்கி வருவதால், நாளுக்குநாள் பகல் அதிகரித்து, இரவு குறைகிறது. இது தொடர்ந்து மார்ச் 21ஆம் தேதிவரை நடக்கிறது. மார்ச் 21ஆம் தேதி வான நடுவரையே சூரியனின் பாதையாவதால், மீண்டும் இரவு, பகல் சமமாகிறது.

(vi) வட குளிர்மண்டலத்தில் (Frigid Zone) உள்ள இடங்களில் பகல் இரவுப் பொழுது காணல் ($66\frac{1}{2}° < \phi < 90°$)

மேலே (v)வது பகுதியில் குறிப்பிட்டது போலவே பகல் இரவு நேரங்களில் மாறுதல்கள் ஏற்படும். மார்ச் 21ஆம் தேதி பகல் இரவு நேரங்கள் சமமாகி ஒவ்வொன்றும் 12 மணியாகும். மார்ச் 21ஆம் தேதிக்குப் பின்னர், பகல் நேரம் மிகமிக வேகமாக அதிகரிக்கிறது. இரவு நேரம் மிகமிகக் குறைகிறது.



படம் 13-5

ஜூன் 22ஆம் தேதி சூரியனின் பாதை நடுவரைக்கு இணையான BA என்ற சிறுவட்டமெனக் கொண்டால்,

$QA = RB = 23\frac{1}{2}°$ (சூரியனின் மீப்பெரு நடுவரை விலக்கம்.)

இனி, $RN = RP - NP = 90° - NP = 90 - \phi$.

NP ஆனது $= \phi > 66\frac{1}{2}°$ ஆதலால், $90 - \phi < 23\frac{1}{2}°$ ஆகும்.

$\therefore RN < 23\frac{1}{2}°$ ஆகும்.

$\therefore RN < RB$

ஆகவே சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் அதிகரித்துச் செல்லும் போது, அது RB நிலையை ஜூன் 22ல் அடைவதற்கு முன், RN நிலையை அடையும். (அ-து) ஜூன் 22ஆம் தேதிக்கு முன்னரே சூரியன் N என்ற இடத்தில் உதித்து NN' என்ற பாதையில் சென்று நாள்முழுதும் தொடுவானத்திற்கு மேலேயே இருப்பான், இதற்குப்பின்னரும் சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் அதிகரிப்பதால், தினசரிப் பாதை தொடர்ந்து தொடுவானத்திற்கு மேலேயே அமையும். ஆகவே, தொடர்ந்து பகற்பொழுதே நீடிக்கிறது; இரவேயிராது. ஜூன் 22ஆம் தேதி சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறுவதால், அன்று சூரியனின் பாதை BA வான நடுவரைக்கு மீப்பெரு தொலைவில் உள்ளது. குறிப்பாக, NN'க்கும் வடக்கே உள்ளது. இதற்குப் பின்னர், சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் குறையத் தொடங்குகிறது. ஆகவே சூரியன் தினசரிப் பாதை வந்தவழியே திரும்புகிறது. மீண்டும் சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் $(90-\phi)$க்குச் சமமாகும் நாளன்று NN' சூரியனின் தினசரிப் பாதையாகிறது.

நடுவரை விலக்கம் $(90-\phi)$யிலிருந்து உயர்ந்து ω வை அடைந்து மீண்டும் $(90-\phi)$ என்ற மதிப்புக்குக் குறையும் நாள்வரை பகலாகவே உள்ளது. இந்நாட்களை நிலைத்த பகற்காலம் (Perpetual day) கொண்ட நாள்கள் என்று கூறப்படும். இக்காலத்திற்கு ஜூன் 22ஆம் தேதி மைய நாளாகும்.

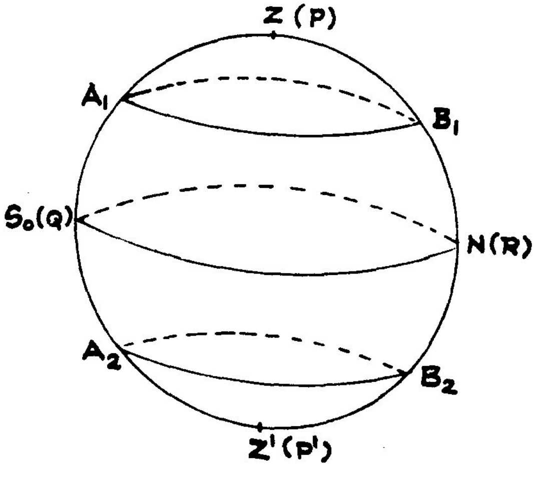
இதற்குப் பின்னர் செப்டம்பர் 23ஆம் தேதி அன்று, வான நடுவரையே கதிரவன் தினசரிப் பாதையாகும். அன்றைய தினம் பகல், இரவுப் பொழுதுகள் ஒவ்வொன்றும் 12 மணியாகும்.

செப்டம்பர் 23ஆம் தேதிக்குப்பின் சூரியனின் தென் நடுவரை விலக்கம் வளர்கிறது. சூரியனின் தினசரிப் பாதைகள் வான நடுவரைக்குத் தெற்கே அமைகின்றன. இப்போதும் ஏதேனும் ஒருநாள் சூரியன் தென் நடுவரை விலக்கம் $90-\phi$ மதிப்பைப் பெறும்போது அதன் பாதை S_0S_0' ஆகும். (அ-து) அதன் பாதை தெற்கு வானத்திற்குக் கீழே அமைந்து அதைத் தொட்டுக்கொண்டு செல்லும். அன்று 24 மணி நேரமும் இரவாகவேயிருக்கும்; பகல் என்பதே கிடையாது. இந்நாளுக்குப் பின்னரும் தொடர்ந்து சூரியன் தென் நடுவரை விலக்கம் வளர்வதால், சூரியனின் பாதை மேலும் தொடுவானத்திற்குக் கீழேயே அமையும். டிசம்பர் 22ஆம் தேதி நடுவரை விலக்கம் — ω ஆகையால், சூரியன் பாதை A_1B_1 ஆகும். இதற்குக் கீழே சூரியன் தினசரிப் பாதை அமையாது. டிசம்பர் 22ஆம் தேதிக்குப் பிறகு மறு

படியும் சூரியன் பாதை QR ஐ நோக்கி வரும். இடையில் ஏதாவதொரு நாளில் சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் மீண்டும் $90 - \phi$ ஆகும். அன்று கதிரவன் பாதை திரும்பவும் S_0S_0' ஆகும். ஆகவே முதலில் சூரியன் பாதை S_0S_0'ல் அமைந்த நாளிலிருந்து A_1B_1க்குச் சென்று திரும்பவும் S_0S_0'ல் வரும்வரையில், சூரியன் தொடுவானத்திற்குக் கீழேயே இருக்கும். இந்த இடைவெளிக்காலம் முழுவதும் நிலைத்த இரவுக் காலம் (Perpetual night) ஆகும். இக்காலத்திற்கு டிசம்பர் 22ஆம் நாள் மைய நாளாகும். இதன் பின்னர் இரவும் பகலும் ஏற்பட ஆரம்பித்துப் பகல் நேரம் அதிகரித்து இரவு நேரம் குறைய ஆரம்பிக்கிறது. இந்நிலை தொடர்ந்து நீடித்து மார்ச் 21ஆம் தேதி சூரியன் மீண்டும் வான நடுவரையைப் பாதையாகக் கொள்கிறான்.

(vii) வட துருவத்தில் பகல், இரவு காணல் ($\phi = 90°$)

$\phi = 90°$ ஆதலால், வான வடதுருவப் புள்ளி P வான உச்சிப் புள்ளி Z உடன் இணையும். வான நடுவரை QR ஆனது தொடுவானம் NS_0 உடன் இணையும்.



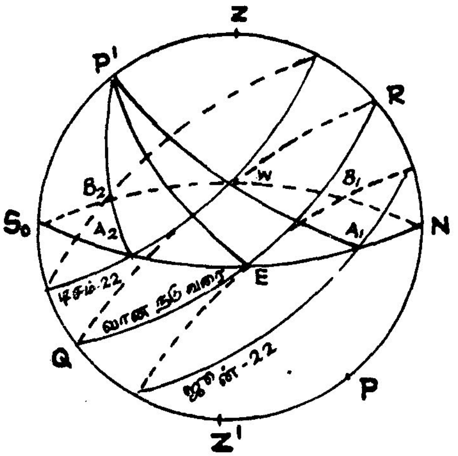
படம் 13-6

மார் 21ஆம் தேதி முதல் சூரியனின் தினசரி இயக்கப்பாதை அடிவானத்திற்கு மேலாகவும் இணையாகவும் உள்ள சிறு வட்டங்களில் அமையும். ஜூன் மாதம் 22ஆம் தேதி, சூரியன் தனது மீப்பெரு உச்சி உயரம் $= S_0A_1 = \omega$ வைப் பெறுகிறான். அன்றைய தினம் அதன் பாதை சிறு வட்டம் A_1B_1 ஆகும். ஜூன்

22ஆம் தேதிக்குப் பின் நடுவரை விலக்கம் குறைந்து வருவதால், சூரியன் வந்த வழியே திரும்பிச் சென்று வான நடுவரைப் பாதை (அடிவானத்தை) செப்டம்பர் 23ஆம் தேதி அடைகிறான். மார்ச் 21ஆம் தேதியிலிருந்து செப்டம்பர் 23ஆம் தேதி வரையிலுள்ள 6 மாத காலம் முழுவதும் இவ் வடதுருவப் பிரதேசத்திற்கு நிலைத்த பகற் காலம் (Perpetual day) கொண்ட காலமாகும்.

செப்டம்பர் 23ஆம் தேதியிலிருந்து சூரியன் தென் நடுவரை விலக்கம் பெற்று, அவன் தினசரிப் பாதை வான நடுவரைக்கு (அ-து) அடிவானத்திற்குக் கீழே இருக்கும். டிசம்பர் 22ஆம் தேதியன்று அவன் தினசரிப் பாதை A_2B_2 என்னும் சிறு வட்டமாகும். இங்கு $QA_2 = -\omega$ ஆகும். இதற்குக் கீழாகக் கதிரவன் செல்லமாட்டான். டிசம்பர் 22ஆம் தேதி முதல் சூரியன் வந்த வழியே திரும்பி மீண்டும் மார்ச் 21ஆம் தேதி வான நடுவரையை (அ-து) அடிவானத்தைப் பாதையாகக் கொள்கிறான். ஆகவே, செப்டம்பர் 23ஆம் தேதியிலிருந்து மார்ச் 21ஆம் தேதி வரை உள்ள 6 மாத காலமும், வட துருவப் பிரதேசத்தில் நிலைத்த இரவுக் காலமாகும்.

(viii) தென்கோளத்தில் உள்ள காட்சியாளர்களுக்குப் பகல், இரவுப் பொழுதுகளில் ஏற்படும் மாறுதல்கள்



படம் 13-7

பூமியில் தென் பகுதியில் தெற்கு அகலாங்கு ϕ உள்ள எந்த ஓர் இடத்தில் ஏற்படும் பகல் இரவு நேரங்களின் வேறுபாடுகளும்,

வடகோளத்தில் அதே வட அகலாங்குள்ள இடத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்களுக்கு நேர்மாறாக அமையும். உதாரணமாக வட அகலாங்கு ϕ உள்ள இடத்தில் பகற்பொழுது x மணி நேரமாகில் தெற்கு அகலாங்கு ϕ உள்ள இடத்தில் அதே தேதியில் இராப்பொழுது x மணி நேரமாகும்.

ஆகவே, தென்கோளத்தில் மார்ச் 21ஆம் தேதி பகற்பொழுதும் இராப்பொழுதும் சமமாகும். மார்ச் 21ம் தேதி முதல் பகற்பொழுது குறைந்து கொண்டே போகும். ஜூன் 22ஆம் தேதி மிகக்குறைந்த பகற்பொழுதுள்ள நாளாகும். செப்டம்பர் 23ஆம் தேதி மீண்டும் பகற்பொழுதும் இராப்பொழுதும் சமமாகும். செப்டம்பர் 23ஆம் தேதியிலிருந்து பகற்பொழுது அதிகரிக்கவும், இரவு நேரம் குறையவும் ஆரம்பிக்கும். டிசம்பர் 22ஆம் தேதி மீப்பெரு பகல் நேரம் கொண்ட நாளாகும். தென் குளிர்மண்டலப் பிரதேசங்களில் ($66\frac{1}{2}° < \phi < 90$; ϕ தெற்கு) நிலைத்த பகற்பொழுது கொண்ட நாள்கள் சூரியனது தெற்கு நடுவரை விலக்கம் இணை அகலாங்கு $(90-\phi)$க்குச் சமமாகும் நாளிலிருந்து தொடங்கி மீண்டும் நடுவரை விலக்கம் இம்மதிப்பை அடையும் நாள்வரை நீடிக்கும். நடுவரை விலக்கம் $90-\phi$ல் இருந்து உயர்ந்து $\omega = 23\frac{1}{2}°$-யை அடைந்து மீண்டும் $(90-\phi)$ என்ற மதிப்புக்குக் குறையும் நாள்வரை பகலாகவே உள்ளது. இக்காலத்திற்கு டிசம்பர் 22ஆம் நாள் மைய நாளாகும். இதேபோல் ஜூன் 22ஆம் தேதியை மையமாகக் கொண்ட நிலைத்த இரவுக் காலம் கொண்ட நாட்களும் ஏற்படுகின்றன.

2. அகலாங்கு $\phi \geqslant 90-\omega$ (அ-து) $\phi > 66\frac{1}{2}°$ உள்ள இடத்தில் நிலைத்த பகற்பொழுது நீடிக்கும் நாட்களின் எண்ணிக்கை

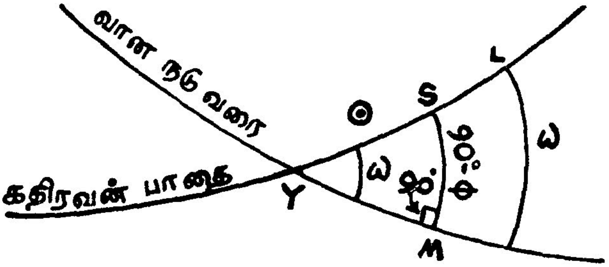
$\phi \geqslant 66\frac{1}{2}°$ உள்ள இடங்களில்தான் நிலைத்த பகல் பொழுது ஏற்பட வாய்ப்புகள் உண்டு எனப் பார்த்தோம்.

சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் $90-\phi$க்குச் சமமாகும்போது முதல் முழுப் பகல்நாள் ஆரம்பிக்கிறது. இந்த நிலைத்த பகற்பொழுது சூரியனது நடுவரை விலக்கம் $\omega = 23\frac{1}{2}°$ ஆகும் வரையும் நீடித்து, மறுபடியும் நடுவரை விலக்கம் $90° - \phi$ ஆகும்போது முடிகிறது. சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் $90-\phi$ ஆகும்போது அதன் நெட்டாங்கு $\odot$ எனக்கொண்டால், முக்கோணம் γSM-லிருந்து (படத்தைப் பார்க்க)

$$\frac{\text{Sin } \odot}{\text{Sin } 90°} = \frac{\text{Sin } (90-\phi)}{\text{Sin } \omega}$$

$$\therefore \sin \odot = \cos\phi \operatorname{cosec}\omega$$

$$\therefore \odot = \sin^{-1}(\cos\phi \operatorname{cosec}\omega)$$



படம் 13-8

சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் ω ஆகும்போது, அதன் விண் நெட்டாங்கு $= \gamma L = \frac{\pi}{2}$ (ஜுன் 22) ஆகவே, நிலைத்த பகல் ஆரம்பிக்கும் நாள் முதல், ஜுன் 22ஆம் தேதி வரை, சூரியன் தனது பாதையில் பயணம் செய்யும் நெட்டாங்கு தூரம்

$$= \frac{\pi}{2} - \odot = \frac{\pi}{2} - \sin^{-1}(\cos\phi \operatorname{cosec}\omega)$$

$$= \cos^{-1}(\cos\phi \operatorname{cosec}\omega)$$

ஜுன் 22ஆம் நாள் முதல், மேலும் ஒரு முறை சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் $(90 - \phi)$ ஆகும்வரை, அது தன் பாதையில் பயணம் செய்யும் நெட்டாங்கு தூரம்

மறுபடியும் $= \cos^{-1}(\cos\phi \operatorname{cosec}\omega)$

எனவே, நிலைத்த பகல் நீடிக்கும் காலம் சூரியன் தனது பாதையில் $2\cos^{-1}(\cos\phi \operatorname{cosec}\omega)$ கோண தூரம் பயணம் செய்யும் காலத்திற்குச் சமம்.

ஆனால் ஓராண்டில், சூரியன் நெட்டாங்கு பயணம் $= 2\pi^c$

$\therefore 2\cos^{-1}(\cos\phi \operatorname{cosec}\omega)$ பயணம் செய்ய எடுத்துக் கொள்ளும் காலம்

$$= \frac{365{\cdot}25}{2\pi} \times 2\cos^{-1}(\cos\phi \operatorname{cosec}\omega)$$

$$= \frac{365{\cdot}25}{\pi} \times \cos^{-1}(\cos\phi \operatorname{cosec}\omega)$$ நாட்களாகும்.

பயிற்சி

1. நண்பகலில் சூரியன் வான உச்சியில் உச்சி கடக்கும் இடங்கள் யாவை? அவற்றின் அகலாங்குகள் எந்த இடைவெளியில் இருக்கவேண்டும்?

[−23° 27′ 36″ முதல் 23° 27′ 36″]

2. 75° வட அகலாங்கிலுள்ள இடத்தில் தோராயமாக முழுப் பகல் நாட்கள் எத்தனை?

(விடை : 65 நாட்கள்)

3. சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் 8° 30′ உள்ள நாளன்று பூமியில் எந்த இடங்களில் சூரியன் மறையாது?

4. நவம்பர் மாதம் 6ஆம் தேதி சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் 15° 59′ தெற்கு. பூமியின் எந்தப் பாகங்களில் சூரியன் அன்றைய தினம் மறையாது?

[தெற்கு அகலாங்கு 74° 1′-ம் அதற்குத் தெற்கிலுள்ள இடங்களிலும் சூரியன் மறையாது]

5. சூரியனது நடுவரை விலக்கம் 18° வடக்கு. பூமியின் எந்தப் பாகங்களில் சூரியன் 24 மணி நேரமும் காணப்படும்?

[வட அகலாங்கு 72°-ம், அதற்கு வடக்குப் பிரதேசங்களிலும்]

14. மெல்லொளி

(TWILIGHT)

(அந்தி, சந்தி வேளை)

1. சூரியன் அடிவானத்திற்குமேல் இருக்கும்போது பகல் எனவும், கீழ் இருக்கும்போது இரவு எனவும் கூறுகிறோம் : ஆனால், சூரியன் அடிவானத்திற்குக் கீழே சென்றவுடன் திடீ ரென இருள் சூழ்ந்துவிடுவதில்லை. இதேபோல் சூரியன் அடி வானத்தில் தோன்றும் முன்னரே படிப்படியாக இருள் விலகு வதை நாம் பார்க்கிறோம்.

இவ்வாறு சூரியன் அடிவானத்திற்குக் கீழே சென்ற பின்னரும் மங்கிய ஒளி நிலவும் நேரத்தை 'அந்திப் பொழுது' (Evening twilight) என்றும், காலையில் சூரிய உதயத்திற்கு முன் விடியற் காலை வேளையை 'வைகறை' அல்லது 'சந்திப் பொழுது' (Morning twilight) என்றும் கூறுவோம்

சூரிய உதயத்திற்கு முன்பும், சூரியன் மறைந்த பின்னும் காணப்படும் இந்த இலேசான ஒளியை நாம் 'மெல்லொளி' (Twilight) என்கிறோம்.

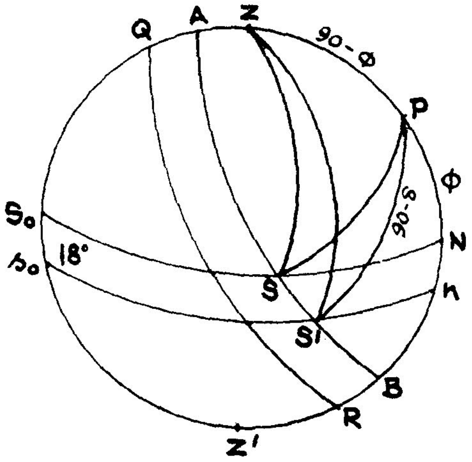
சூரியன் தொடுவானத்திற்குக் கீழே 18° இருக்கும் வரை இந்த மெல்லொளி நிலவும் எனக் கணக்கிட்டுள்ளனர்.

2. ϕ என்ற அகலாங்கு உள்ள இடத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட நாளில் மெல்லொளி காலத்தைக் கணித்தல்

அந்தக் குறிப்பிட்ட நாளில் சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் δ எனக் கொள்வோம். அன்று AB சூரியனின் தினசரிப் பாதையைக் குறிக்கட்டும். NS_0 அடிவானத்தையும், ns_0 என்பது அடிவானத் திற்கு இணையாக அதற்குக் கீழே 18° இறக்கத்தில் உள்ள சிறு வட்டத்தையும் குறிக்கட்டும் N_0 ஐயும், ns_0 ஐயும் AB முறையே S, S'ல் வெட்டட்டும்.

இங்கு $ZS = 90°$, $ZS' = 108°$.

சூரியன் S'ல் இருக்கும்போது மெல்லொளி ஆரம்பிக்கிறது. அப்பொழுது சூரியனின் நேரக்கோணம் $ZPS' = h'$ எனக் கொள்வோம்.



படம் 14-1

சூரியன் Sல் இருக்கும்போது, சூரியன் உதிக்கும் தருணம் ஆகும். அப்போது நேரக் கோணம் $ZPS = h$ எனக் கொள்வோம்.

எனவே மெல்லொளி நீடிக்கும் நேரம் $t = \dfrac{h'-h}{15}$ மணிகள்

இனி முக்கோணம் ZPS' லிருந்து,

$$\cos ZS' = \cos PZ . \cos PS' + \sin PZ \sin PS' \cos \angle ZPS'$$

(அ-து) $\cos 108°$

$$= \cos (90-\phi) \cos (90-\delta) + \sin (90-\phi) \sin (90-\delta) \cos h'$$

$$-\sin 18° = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos h'$$

$$\therefore \cos h' = -\left(\frac{\sin 18° + \sin \phi \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta} \right) \qquad (1)$$

இதிலிருந்து h' கணக்கிடப்படும்.

மேலும் சூரியன் உதிக்கும்போது நேரக்கோணம் hஐ,

$$\cos h = -\tan \phi \tan \delta \qquad (2)$$

என்ற வாய்பாட்டிலிருந்து கணக்கிடலாம்.

(1), (2) சமன்பாடுகளிலிருந்து h', h மதிப்புகளைக் கணித்து, மெல்லொளிக் காலம்

$$t = \frac{h'-h}{15}$$ மணிகள் என்பதைக் கணக்கிடலாம்.

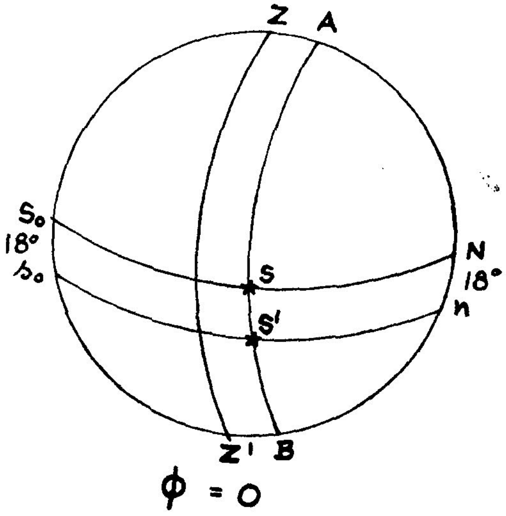
ஆகவே, ஒரு நாள் பொழுதில், மெல்லொளிக் காலம்

$$= 2t = \frac{2(h'-h)}{15}$$ மணிகள் ஆகும்.

குறிப்பு : ஒரு குறிப்பிட்ட நாளில் வெவ்வேறு அகலாங்குள்ள இடங்களில் மெல்லொளிக் காலம் வெவ்வேறாகும். மேலும் ஒரே இடத்தில் நாளுக்கு நாள் சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் மாறுவதால் மெல்லொளிக் காலமும் மாறும்.

3. பூமி நடுவரையின் மீதுள்ள இடங்களில் மெல்லொளியின் கால அளவு மீச்சிறு மதிப்புடையதாகும் என நிறுவுதல்

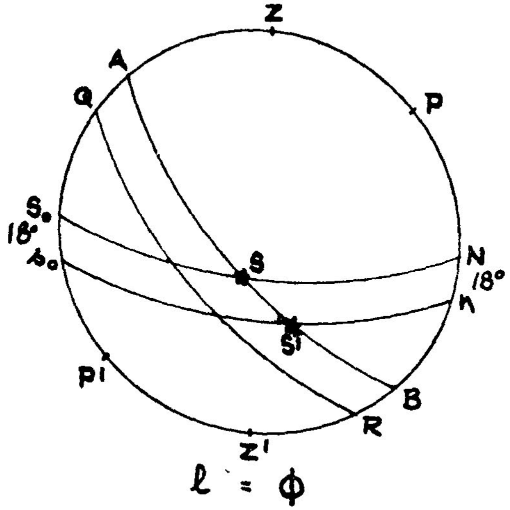
பூமியின் நடுவரைமீது $\phi = 0$. இங்கெல்லாம் சூரியனின் தினசரிப் பாதை அடிவானத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கும். இடத்தின் அகலாங்கு அதிகம் ஆக ஆக, அடிவானத்துடன் சூரியனின் தினசரிப் பாதை சாய்ந்து காணப்படுகிறது.



படம் 14-2 (i)

δ ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்புடன் இருக்கும்போது, $\phi = 0$ உள்ள இடத்திற்கும், ϕக்கு மற்ற மதிப்புள்ள இடத்திற்கும்

வானக் கோளங்கள் வரையப்பட்டுள்ளன (படங்களைப் பார்க்கவும்). படம் 14-2(i)ல் SS'ன் நீளம் படம் 14-2(ii)ல் SS' நீளத்தை விடக் குறைவு எனத்தெரிகிறது.



படம் 14-2(ii)

இதிலிருந்து பூமியின் நடுவரை மீதுள்ள இடங்களில் ஏற்படும் மெல்லொளியின் கால அளவு மீச்சிறு மதிப்புடையது எனப் பெறப்படுகிறது.

4. பூமியின் நடுவரையில் உள்ள ஓர் இடத்தில் சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் δ ஆகவிருக்கும் நாளில் மெல்லொளியின் கால அளவு காணல்

பூமி நடுவரையில் உள்ள ஓர் இடத்தின் அகலாங்கு $\phi = 0$. சூரியன் S'ல் இருக்கும்போது மெல்லொளி ஆரம்பிக்கும்; Sல் வரும்போது மெல்லொளி முடியும். (படம் 14-2 (ii) பார்க்கவும்).

$ZPS = 90°$; $ZS = 90°$, $ZS' = 108°$, $SPS' = H$

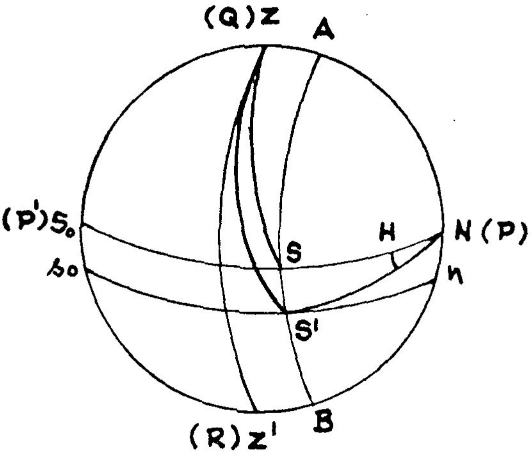
$\therefore \quad ZPS' = 90 + H$

கோள முக்கோணம் ZPS'ல்,

$$\cos ZS' = \cos PS' \cos PZ + \sin PS' \sin PZ \cos ZPS'$$

$$\cos 108^\circ = \cos (90^\circ - \delta) \cos 90^\circ + \sin (90 - \delta) \sin 90^\circ \cos (90 + H)$$

$$-\sin 18^\circ = -\cos \delta \sin H$$



படம் 14-3

$$\therefore \quad \sin H = \sin 18^\circ \sec \delta$$

$$\therefore \quad H = \sin^{-1} (\sin 18^\circ \sec \delta)$$

∴ *காலை அல்லது மாலை மெல்லொளி நீடிக்கும் காலம்*

$$= \frac{1}{15}\left[\sin^{-1} (\sin 18^\circ \sec \delta)\right] \text{ மணிகள்}$$

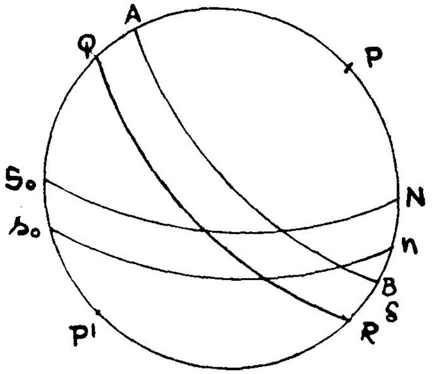
கிளை: *சூரியன் மேலும் சம இரவுப் புள்ளிகளில்* (equinoxes) *இருந்தால்,* $\delta = 0$, $\sin H = \sin 18^\circ$

$$\therefore \quad H = 18^\circ$$

ஆகவே பூமத்திய ரேகை மீதுள்ள இடங்களில் சூரியன் சம இரவுப் புள்ளிகளைக் கடக்கும்போது மெல்லொளிக் காலம் = 72 நிமிடங்களாகும். (*காலையில்* 72 *நிமிடங்கள்; மாலையில்* 72 *நிமிடங்கள்.*)

5. மெல்லொளி இரவு முழுவதும் நிலவவேண்டுவதற்குத் தேவையான கட்டுப்பாடுகளைக் காணல்.

மெல்லொளி இரவு முழுதும் நிலவியிருக்க வேண்டுமானால், சூரியன் தன் தினசரிப் பாதையில் கீழுச்சி கடக்கும் புள்ளி அடிவானத்திற்குக் கீழே 18°க்கு மேற்படாமல் இருக்கவேண்டும்.



படம் 14-4

படத்தில் NS_0 தொடுவானம்; AB கதிரவன் பாதை எனக் கொண்டால், இரவு முழுதும் மெல்லொளி நிலவியிருக்கவேண்டுமானால், நள்ளிரவில் சூரியனின் இறக்கம்

(அ-து) $NB \leqslant 18°$ ஆகவேண்டும்.

(அ-து) $PB - PN \leqslant 18°$

(அ-து) $90 - \delta - \phi \leqslant 18$

$\therefore \quad \phi + \delta \geqslant 72$

குறிப்பு : (i) நடுவரை விலக்கம் தெற்காக இருப்பின், δன் குறியை எதிர் குறியாகக் கொள்ளவேண்டும்.

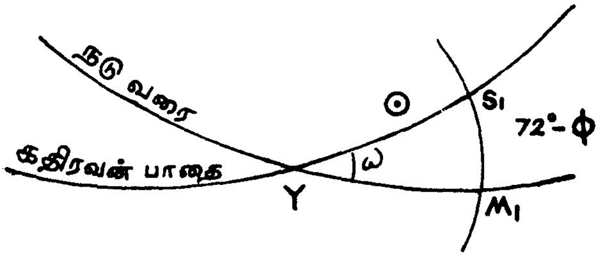
(2) δன் மீப்பெரு மதிப்பு $= 23° 27'$ ஆதலின், φன் மீச்சிறு மதிப்பு $= 72° - 23° 27' = 48° 33'$. ஆகவே $\phi \geqslant 48° 33'$ உள்ள இடங்களில் மட்டுமே இரவு முழுதும் மெல்லொளி பரவியிருக்க வாய்ப்புகள் உண்டு.

(3) வட அகலாங்குப் பிரதேசங்களில், $\phi > 72^\circ$ ஆனால் மார்ச் 21ஆம் தேதி முதல் செப்டம்பர் 23ஆம் தேதி வரையுள்ள ஆறுமாதகாலம் பூராவும் இரவு முழுவதும் மெல்லொளியோ அல்லது பகற்பொழுதோ நீடிக்கும். தெற்கு அகலாங்குள்ள இடங்களில் $\phi > 72^\circ$ ஆனால், செப்டம்பர் 23 முதல் மார்ச் 21 வரை இதேபோல் நிகழும்.

(4) துருவங்களைக் கருதும்போது, சூரியன் அடிவானத்திற்குக் கீழே 6 மாத காலம் தொடர்ந்து இருக்கும். ஆனால் சூரியனின் மீப்பெரு நடுவரை விலக்கம் $23\frac{1}{2}^\circ$. ஆகவே இந்த 6 மாத காலத்தில் பெரும் பகுதியில் அது அடிவானத்திலிருந்து 18° உள்ளிட்டே இருக்கும். ஆகவே தொடர்ந்து மெல்லொளி நீடிக்கும்.

6. மெல்லொளி இரவு முழுதும் தொடர்ந்து நிலவும் நாட்களின் எண்ணிக்கை

$\phi > 48\frac{1}{2}^\circ$ உள்ள ஓர் இடத்தில் தொடர்ந்து எத்தனை நாட்கள் இரவு முழுதும் மெல்லொளி படர்ந்து இருக்கும் எனக் கணக்கிடலாம்.



படம் 14-5

சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் $72^\circ - \phi$ இருக்கும் நாளன்று முதல் முதலாக மெல்லொளி இரவு முழுதும் படர ஆரம்பிக்கிறது. பின்பு δன் மதிப்பு உயர உயர முழு இரவு மெல்லொளி நாட்கள் நீடிக்கும். பின்னர் δதான் மீப்பெரு மதிப்பாகிய $23\frac{1}{2}^\circ$ஐ ஜூன் 22ஆம் தேதி அடைந்து மறுபடியும் δன் மதிப்பு குறைந்து $72^\circ - \phi$ ஆகும்போது முழு இரவு மெல்லொளிக் காலம் முடிவடைகிறது.

சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் 72°—φ ஆக இருக்கும்போது, அதன் நெட்டாங்கு ⊙ எனின்,

$$\frac{\sin(72-\phi)}{\sin\omega} = \frac{\sin\odot}{\sin 90}$$ (படம் 14-5 பார்க்கவும்)

$$\therefore \sin\odot \quad \sin\omega = \sin(72°-\phi)$$

$$\therefore \sin\odot = \sin(72°-\phi)\ \text{cosec}\ \omega$$

$$\odot = \sin^{-1}[\sin(72-\phi)\ \text{cosec}\ \omega]$$

சூரியன் நடுவரை விலக்கம் ω ஆகும்போது அதன் நெட்டாங்கு $\frac{\pi}{2}$ (ஜுன் 22ஆம் தேதியன்று)

∴ முதல் முழு இரவு மெல்லொளி நாள் முதல் ஜுன் 22ஆம் தேதி வரை சூரியன் தன் பாதையில் பயணம் செய்யும் நெட்டாங்கு தூரம் $= \frac{\pi}{2} - \sin^{-1}[\sin(72-\phi)\ \text{cosec}\ \omega]$

$$= \cos^{-1}[\sin(72-\phi)\ \text{cose}\ \omega]$$

இதேபோல், மறுபடியும் ஜுன் 22 முதல் மற்றுமொரு முறை சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் 72°—φ ஆகும் வரை, சூரியன் தன் பாதையில் பயணம் செய்யும் நெட்டாங்கு தூரம் இதே $\cos^{-1}[(72-\phi)\ \text{cosec}\ \omega]$ ஆகும்.

2π அல்லது 360° நெட்டாங்கு பயணம் செய்ய 365 நாட்களாகிறது.

∴ $2\cos^{-1}[\sin(72-\phi)\ \text{cosec}\ \omega]$ நெட்டாங்கு பயணம் செய்ய எடுத்துக்கொள்ளும் நாட்கள்

$$= \frac{365 \times 2\cos^{-1}[\sin(72-\phi)\ \text{cosec}\ \omega]}{360}$$

$$= \frac{73}{36}\cos^{-1}[\sin(72-\phi)\ \text{cosec}\ \omega]$$ நாட்கள்

பயிற்சி

1. மெல்லொளி நிலவும் காலம் எதைப் பொருத்துள்ளது ?

 (இடத்தின் அகலாங்கு, சூரியனின் நடுவரை விலக்கம்)

2. பாரிஸ் (அகலாங்கு 48° 50′) நகரில் மெல்லொளி இரவு முழுவதும் நீடித்திருக்க முடியுமா எனக் காண்க.

 [பாரிஸ் நகரில் இரவு முழுவதும் நீடித்திருக்க $48°\,50' + \delta \geqslant 72°$ (அ-து) $\delta \geqslant 23°\,10'$. ஆனால்

δ வின் மதிப்பு 23° 27′ வரை இருக்கக்கூடுமாதலால் மேற்கண்ட கட்டுப்பாடு சாத்தியமானதே. ஆனால் கோடைத்திருப்ப நிலைக்கு (summer solstice) முன்னும், பின்னும் பல இரவுகள் முழுவதும் மெல்லொளி இரவுகள் ஆகும்.

3. வட குளிர் மண்டலத்தில் மாரிக்கால நடுவில் மெல்லொளி இல்லாத மிகத் தாழ்ந்த அகலாங்கு காண்க.

மாரிக்கால நடுவில் (அ-து) டிசம்பர் 23ஆம் தேதி சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் = 23° 27′ 30″ தெற்கு அன்றைய தினம், மெல்லொளி இருக்கக்கூடாது எனின், அன்றைய தினம் சூரியனின் தினசரிப் பாதையானது, அடிவானத்திற்கு 18° கீழாகவும் அடிவானத்திற்கு இணையாகவும் உள்ள மெல்லொளி வட்டத்திற்கும் கீழாக இருக்கவேண்டும். மிகத் தாழ்ந்த அகலாங்கு காண, இத் தினசரிப் பாதை மெல்லொளி வட்டத்தைச் சரியாகத் தொட்டுக் கொண்டு போனால் போதும்.

(சூரியப்பாதை மெல்லொளி வட்டத்தைத் தொட்டுச் செல்வதால் (படம் 14-2 (ii)ல்) s_0 வழியே QRக்கு இணையாக ஒரு வட்டத்தை வரைந்து கொள்ளவும். இவ்வட்டமே அன்றைய சூரியப்பாதை).

அன்றைய தினம், மாரிக்கால நடுவில் (அ-து) டிசம்பர் 23ஆம் தேதி $Qs_0 = 23° 27' 30''$

ஆனால் $S_0s_0 = 18°$ (மெல்லொளி மண்டலத்தில் அகலம்)

$\therefore QS_0 = 23° 27' 30'' - 18° = 5° 27' 30''$

ஆனால் $QS_0 = ZP = 90 - \phi$

$\therefore 90 - \phi = 5° 27' 30''$

$\therefore \phi = 90° - 5° 27' 30'' = 84° 32' 30''$]

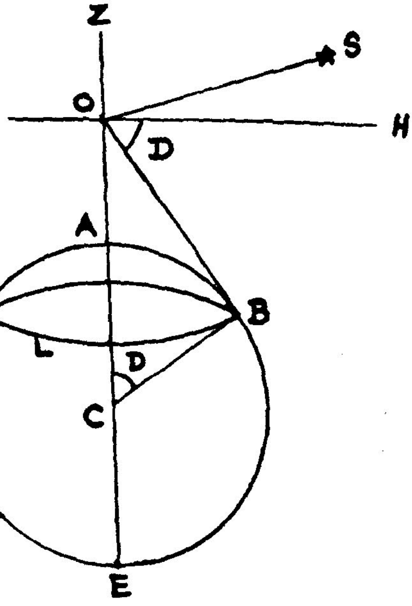
15. அடிவானத் தாழ்வு

(DIP OF THE HORIZON)

1. அடிவானத் தாழ்வு—விளக்கம்

C பூமியின் மையம். O என்பது பூமியின் மேல் h உயரத்தில் உள்ள ஒரு காட்சியாளன் இருக்குமிடம்
$\therefore AO = h$; பூமியின் ஆரம் $= a$ எனக்கொள்வோம்.

OH என்பது Oவில்லுள்ள காட்சியாளனின் சரியான தொடுவானம் (True Horizon) ஆகும். OZ என்பது உச்சியின் திசை.



படம் 15-1

OB என்பது Oவிலிருந்து பூமிக்கு வரையும் தொடுகோடு. O விலிருக்கும் காட்சியாளன் தன்னிடத்திலிருந்து சுற்றிச் சுற்றிப்

பார்த்தால் OB என்னும் தொடுகோடு கோளத்தின் மேல் சுற்றி BLF என்ற சிறுவட்டம் கிடைக்கும். இந்த வட்டமே காட்சி யாளனின் காட்சி அடிவானம் (Visible horizon) ஆகும்.

வரையறை: சரியான தொடுவானத்திலிருந்து, காட்சி அடி வானத்தின் தாழ்வே, அடிவானத் தாழ்வு எனப்படும்.

இது $\angle HOB$ ஆல் அளக்கப்படுகிறது.

$\angle HOB = D$ எனின், D என்பது அடிவானத்தாழ்வின் அளவு

S என்பது ஒரு விண்மீன். அதன் உயரத்தை அளக்கும்போது ஏற்றகோணம் SOB ஐ அளக்கிறான். ஆனால் உண்மையான ஏற்றகோணம் $= \angle SOH$ ஆகும்.

$\therefore$ பதிவு செய்த ஏற்றகோணம் உண்மையான ஏற்ற கோணத்தைவிட $\angle HOB = D$ அதிகம்

$\therefore$ காட்சிப் பதிவான ஏற்ற கோணத்திலிருந்து, காட்சி யிடத்திற்குரிய அடிவானத் தாழ்வைக் கழிக்க, Sன் சரியான ஏற்ற கோணம் கிடைக்கும்.

2. அடிவானத் தாழ்வு — Dஐக் கணக்கிடல்

படத்திலிருந்து,

$$
\begin{aligned}
OB^2 &= OA.\,OE \\
&= OA\,(OA + AE) \\
&= h\,(h + 2a) \\
&= h^2 + 2ah \\
&= 2ah\left(1 + \frac{h}{2a}\right)
\end{aligned}
$$

இனி, aன் மதிப்பை நோக்கும்போது h மிகச்சிறியதாகும்.

$$\therefore \frac{h}{2a} \text{ மிகமிகச் சிறியதாகும்.}$$

$$\therefore OB^2 = 2\,ah \text{ (தோராயமாக)}$$

$$\therefore OB = \sqrt{2ah}$$

$$\tan D = \frac{OB}{BC} = \frac{\sqrt{2\,ah}}{a} = \sqrt{\frac{2h}{a}}$$

D மிகச்சிறியதாகையால், $\tan D \approx D$

$$\therefore D = \sqrt{\frac{2h}{a}} \text{ ஆரையன்கள் (Radians)}$$

$$D = \sqrt{\frac{2h}{a}} \text{ ஆரையன்கள்}$$

$$= \sqrt{\frac{2h}{a}} \times \frac{180 \times 60'}{\pi} \quad [\because \pi \text{ ஆரையன்கள்} = 180^\circ]$$

h அடியிலும், aயும் அடிகளில் கொண்டால்,

$$D = \sqrt{\frac{2h}{4000 \times 5280}} \times \frac{180 \times 60}{\pi} \text{ [கலைகள்]}$$

$$= \sqrt{h}\,(1{\cdot}60) \text{ கலைகள்}$$

$$= \sqrt{h} \text{ கலைகள் தோராயமாக.}$$

எனவே, காட்சியாளன் உயரம் h அடிகளானால்,

அடிவானத் தாழ்வு $= \sqrt{h}$ கலைகள் (தோராயமாக)

கிளை: அடிவான தூரம் $= OB = d$ எனின் $d = \sqrt{2ah}$
h அடியிலும், dயும் a யும் மைல்களில் அளக்கப்படின்,

$$d = \sqrt{2 \times 3960 \times \frac{h}{5280}} = \sqrt{\frac{3}{2} h} \text{ மைல்கள் ஆகும்.}$$

3. அடிவானத் தாழ்வின் விளைவு

ஒரு விண்மீன் சரியான கிழக்குத் தொடுவானத்திற்குக் கீழே D'' உள்ள போதே தொடுவானத்தில் உதிப்பதுபோல் தோன்றும். மேலும், மேற்குத் தொடுவானத்திற்குக் கீழே D'' இறங்கிய பின்பு தான் மறைவதுபோல் தோன்றும்.

D'' அளவு தொடுவானத்திற்குக் கீழுள்ள ஒரு விண்பொருள் அடிவானத்திற்கு வர எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம்

$$= \frac{D}{15\sqrt{\cos^2\phi - \sin^2\delta}}$$ என நிறுவலாம் (இதன் நிருபணம் கீழே தரப்பட்டுள்ளது).

ஆகவே, அடிவானத் தாழ்வு D'' ஆனால், சூரியன்

$$\frac{D}{15\sqrt{\cos^2\phi - \sin^2\delta}}$$ வினாடிகள் முன்பாக உதித்து, அதேகாலம் தாமதமாக மறைவான்.

எனவே அடிவானத் தாழ்வின் காரணமாகப் பகற்காலம்

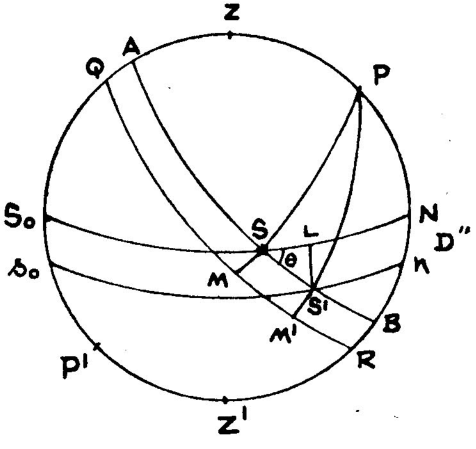
$$\frac{2D}{15\sqrt{\cos^2\phi - \sin^2\delta}}$$ அதிகமாகும்.

மார்ச் 21ஆம் தேதியும், செப்டம்பர் 23ஆம் தேதியும், சூரியன் ♈, ♎ புள்ளிகளில் இருப்பதால், $\phi = 0$, $\delta = 0$

ஆகவே இத்தேதிகளில் அடிவானத் தாழ்வினால் பகற்காலம் $\frac{2D}{15}$ வினாடிகள் அதிகமாகும். இது மீச்சிறு மதிப்பாகும்.

3 (b): தொடுவானத்து அண்மையில் மிகச் சிறிய தூரம் D″ கீழிருந்து உயர்ந்து தொடுவானத்திற்கு வர ஒரு விண்மீன் எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம் காணல்

படத்தில் ns_0 என்பது அடிவானம் NS_0க்கு இணையாகவும் D'' நேர் கீழாகவும் வரைந்த சிறு வட்டமாகும். ஆகவே $Nn = D''$.



படம் 15-2

ஒரு விண்மீனின் தினசரிப்பாதை அடிவானத்தை S என்ற புள்ளியிலும், இணையான சிறுவட்டத்தை S' என்ற புள்ளியிலும்

வெட்டட்டும். PS, PS' ஆகியவற்றின் நீட்சி வான நடுவரையை M, M'என்ற புள்ளிகளில் சந்திக்கட்டும். $S'L$ என்பது அடிவானத்திற்குச் செங்குத்தாக வரையப்பட்டால், அது D'' சமமாகும்.

(அ-து) விண்மீனின் அடிவானத் தாழ்வு $= D''$,

S'லிருந்து Sக்குச் செல்ல, விண்மீன் எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம் $= \dfrac{\text{நேரக்கோணம் } S'PS}{15} = \dfrac{\text{வில் } MM'}{15}$ $\angle S'SL = \theta$ எனக் கொள்வோம்.

$S'SL$ன் பக்கங்கள் மிகச்சிறு மதிப்புப் பெற்றுள்ளதால், அதை ஒரு சமதள முக்கோணம் என்றே கொள்ளலாம்.

$$\therefore \quad SS' = S'L \text{ cosec } \theta = D'' \text{ cosec } \theta$$

மேலும், $SS' = MM' \cos MS = MM' \cos \delta$

$$\therefore \quad MM' \cos \delta = D'' \text{ cosec } \theta$$

$$\therefore \quad MM' = D'' \text{ cosec } \theta \sec \delta = \frac{D'' \sec \delta}{\sin \theta}$$

SPN என்னும் முக்கோணத்தில் இருந்து,

$$\frac{\sin PSN}{\sin PN} = \frac{\sin PNS}{\sin PS}$$

இனி, $\angle PSN = \angle PSS' - \theta = 90° - \delta$

$$\therefore \quad \frac{\sin (90-\theta)}{\sin \phi} = \frac{\sin 90°}{\sin (90-\delta)}$$

$$\text{(அ-து)} \quad \frac{\cos \theta}{\sin \phi} = \frac{1}{\cos \delta}$$

$$\therefore \quad \cos \theta = \sin \phi \sec \delta$$

இனி, $\angle SPS' = \angle MPM' = \text{வில் } MM'$

$$= \frac{D'' \sec \delta}{\sin \theta} = \frac{D'' \sec}{\sqrt{1 - \cos^2 \theta}}$$

$$= \frac{D'' \sec \delta}{\sqrt{1 - \sin^2 \phi \sec^2 \delta}} = \frac{D''}{\sqrt{\cos^2 \delta - \sin^2 \phi}}$$

$$= \frac{D''}{\sqrt{\cos^2 \phi - \sin^2 \delta}}$$

ஆகவே, விண்மீன் S'லிருந்து Sக்குச் செல்ல எடுத்துக் கொள்ளும்

$$\text{நேரம்} = \frac{1}{15} \frac{D''}{\sqrt{\cos^2 \phi - \sin^2 \delta}} \text{ செகண்டுகள்}$$

பயிற்சி

1. காட்சியாளனின் உயரம் h'' எனின், அடிவானத் தூரம் $= \sqrt{h/8}$ மைல்கள் எனக் காட்டுக. பூமியின் ஆரம் $= 3960$ மைல்கள் எனக் கொள்க.

2. இரு குன்றுகளின் உயரம் முறையே h_1, h_2. பூமியின் ஆரம் 'a'. இவ்விரு குன்றுகளுக்கு இடைப்பட்ட தூரம் $\sqrt{2ah_1} + \sqrt{2ah_2}$ ஆனால், ஒரு குன்றிலிருந்து மற்றொன்று தெரிய வாய்ப்பு உண்டு என நிறுவுக.

3. கடல் மட்டத்திற்கு மேல் ஒரே குத்துக் கோட்டில் a, b உயரமுள்ள இரு இடங்களின் காட்சி அடிவானங்களி லிருந்து அளக்கப்பட்ட ஒரு விண்மீனின் ஏற்ற கோணங் கள் முறையே a, β ஆனால் பூமியின் ஆரம்

$$\frac{(\sqrt{2b} - \sqrt{2a})^2}{(\beta - a)^2}$$ என நிறுவுக.

16. வான ஒளிக்கதிர் கோட்டம்

(ASTRONOMICAL REFRACTION)

1. பூமியைச் சுற்றி ஏறக்குறைய 160 கி.மீ. உயரத்திற்கு ஒரு காற்று மண்டலம் பரந்துள்ளது. இதன் வழியாக விண்வெளிப் பொருள்களின் ஒளிக்கதிர்கள் வந்து பார்வையாளனைச் சந்திக்கின்றன. ஓர் ஊடகம் விட்டு மற்றோர் ஊடகம் வழியாக வரும் போது ஒளிக்கதிர்கள் திசை மாறுகின்றன. இப்படிப் பல படுகைகள் காற்று மண்டலத்தில் உள்ளன. இப்படி ஒளிக்கதிர் காற்று மண்டலத்தின் பல படுகைகள் வழியாக வரும்போது மேலும் மேலும் செங்கோட்டின் பக்கமே சாய்ந்து வருகிறது.

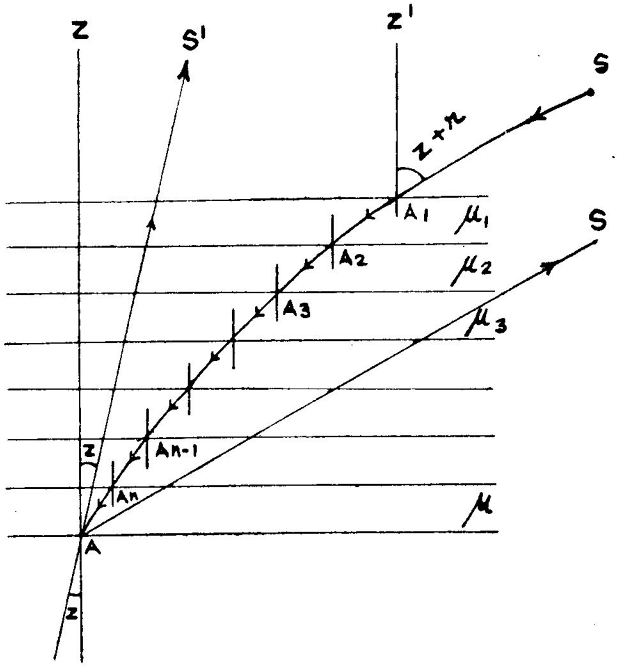
இதனால் விண்மீனிலிருந்து ஒளிக்கதிர் புறப்படும் திசை ஒன்றாகவும் பார்வையாளனைச் சந்திக்கும் திசை ஒன்றாகவும் அமைகிறது.

இப்படிக் காற்று மண்டலம் வழியாகச் செங்கோட்டின் பக்கம் மேலும் மேலும் தள்ளப்பட்டு வந்துசேரும் விண்மீனின் ஒளிக்கதிரைப் பார்வையாளன் பார்க்கும் திசைக்கும், அதன் உண்மையான திசைக்கும் உள்ள திசை மாற்றமே அவ்விண்மீனின் வான ஒளிவிலகல் அல்லது வான ஒளிகோட்டம் (Refraction) எனப்படும்.

2. ஒளிவிலகல் டான்ஜன்ட் வாய்பாடு (Tangent formula for refraction)

வெகு தொலைவிலுள்ள S என்ற விண்மீனிலிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர் வெற்றிடம் வழியாகப் பல கோடி மைல்கள் பயணம் செய்து காற்று மண்டலத்தின் மிக உயர்ந்த படுகையில் A_1 என்ற இடத்தில் படுகிறது. பிறகு பல படுகைகள் வழியாகப் பூமியை A என்னும் இடத்தில் சந்திக்கட்டும். கடைசிப் படுகையின் ஒளி விலகல் கெழு அல்லது ஒளிக்கோட்ட கெழு μ (Refractive index) எனக் கொள்வோம்.

S பல கோடி மைல்கள் தூரத்திலிருப்பதால், Aயுடன் Sஐ இணைக்கும் கோடு A_1Sக்கு இணை கோடாகவே இருக்கும்.



படம் 16-1

Aயிலிருந்து S என்ற விண்மீனின் தோற்ற திசை AS' என்ற திசையாகும்

AS என்ற திசையில் உண்மையாக இருக்க வேண்டிய S என்ற விண்மீன் AS' என்ற திசையில் இருப்பது போலத் தோற்ற மளிக்கிறது.

ஆகவே, ஒளிவிலகல் $= \angle SAS'$ ஆகும்.

இப்போது Aயிலிருந்து AZ என்ற குத்துக்கோடும், A_1யிலிருந்து A_1Z_1 என்ற குத்துக் கோடும் வரைக.

AZ, A_1Z_1 இரண்டும் இணைகோடுகள்

AS, A_1S இரண்டும் இணைகோடுகள்

$\angle ZAS = z$ எனவும், $\angle SAS' = r$ எனவும் கொள்வோம்.

இப்போது விண்மீனின் முதல் படுகதிர்கோணம்

$$= \angle SA_1 Z_1 = \angle SAZ = z + r$$

கடைசிக் கோட்ட கோணம் $= z$

கடைசியாக உள்ள பார்வையாளன் படுகையின் கோட்ட எண் $= \mu$ எனக் கொண்டுள்ளோம்.

μ_1, μ_2 என்பன A_1, A_2 என்ற சிறு சிறு படுகைகளுக்கும் வெற்றிடத்திற்குமுள்ள கோட்ட எண்கள் எனின்,

ஒளிவிலகல் சூத்திரத்தின்படி,

$$\sin(z+r) = \mu_1 \sin\phi_1 = \mu_2 \sin\phi_2 = \ldots\ \ldots\ \ldots \mu \sin z$$

ஆகவே, $\dfrac{\sin(z+r)}{\sin z} = \mu$

(அ-து) $\sin z \cos r + \cos z \sin r = \mu \sin z$

r மிகச் சிறிய கோணமாதலால் (படத்தில், விளக்கத்திற்காக மிகப் பெரியதாகக் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது. உண்மையில் இது மிகமிகச் சிறிய அளவுடையதாகும்.

ஆகவே, $\cos r = 1$ எனவும், $\sin r = r$ எனவும் கொள்ளலாம்.

$$\therefore \sin z + r \cos z = \mu \sin z$$

$$\therefore r = (\mu - 1) \frac{\sin z}{\cos z} = (\mu - 1) \tan z$$

(அ-து) $r = k \tan z$

இங்கு 'k' என்பது கோட்ட மாறிலி அல்லது ஒளிக் கோட்டக் கெழு (Coefficient of refraction or constant of refraction) எனப்படும்.

ஆகவே, z ஒரு விண்மீனின் தோற்ற உச்சி தூரம் ஆனால், அதன் உண்மையான உச்சி தூரம் $= z + r = z + k \tan z$ ஆக, ஒளிக் கோட்டத்தின் விளைவாக உண்மையான உச்சி தூரம் குறைகிறது. குறை $k \tan z$. உண்மையான உச்சி தூரம் அறிய z என்னும் காணும் உச்சி தூரத்தோடு $k \tan z$ கூட்டவேண்டும்.

குறிப்பு 1 : $r = k \tan z$ என்னும் வாய்பாடு $z=0°$ முதல் $75°$ வரையே பொருந்தும். தொடுவானத்திற்கு அருகில் இது பொருந்துவதில்லை. தொடுவானத்தில் இது உண்மையாகாது என உடனே புலப்படும்; ஏனெனில் $\tan 90° \to \infty$

$\therefore$ தொடுவானத்திற்குரிய ஒளிக்கோட்டம் $= 33'$ எனக் கொள்க

அடிவானத்திற்கு அண்மையில் உள்ள வானப்பொருள்களுக்கு ஒளிக்கதிர் கோட்டம் வேறு சில முறைகளால் கணிக்கப்படுகிறது. இதற்கு அடிவான ஒளிக்கதிர் கோட்டம் (Horizontal refraction) எனப்பெயர். இதன் மதிப்பு சுமார் 33′.

குறிப்பு 2 : ஒளிக் கோட்டத்தால், தொடுவான தூரம் (Azimuth) Aல் மாற்றமில்லை.

ஏனெனில், ஒளிக்கோட்டத்தின் விளைவாக, விண்மீன் வானக் கோளத்தில் தன்னுடைய சரியான நிலையிலிருந்து $k \tan z$ உயரத்திற்கு அதே குத்துக்கோட்டில் Zஐ நோக்கி உயர்த்தப்படுகிறது. அதே குத்துக் கோட்டில் உயர்த்தப்படுவதால், அதன் அடிவான தூரம் மாறுவதில்லை.

குறிப்பு 3 :— ஒளிக்கோட்டத்தால் ஏற்றகோணம் மிகையாகக் காணப்படுகிறது.

$$\text{மிகை} = k \tan z$$
$$= k \tan (90-a)$$
$$= k \cot a$$

$\therefore$ சரியான ஏற்றகோணம் = தோற்ற ஏற்ற கோணம் — மிகை

$$= a - k \cot a.$$

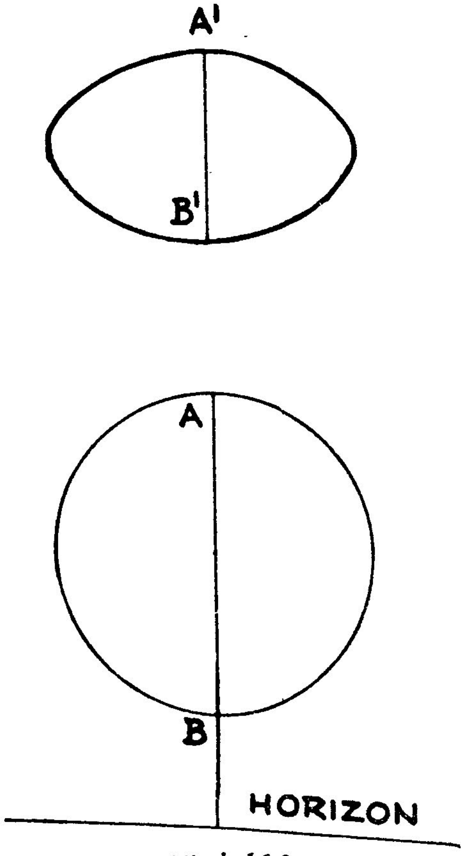
3. ஒளிக்கோட்ட விளைவுகள்

(i) விண்மீன்கள் Zஐ நோக்கித் தங்கள் குத்துக் கோடுகளிலேயே உயர்த்தப்பட்டுத் தோன்றும். ஆகவே உச்சி தூரங்கள் குறைந்து காணப்படும். உயரம் அல்லது ஏற்றகோணம் அதிகமாகக் காணப்படும். அளவிடப்பட்ட உச்சி தூரத்தோடு ஒளிக்கோட்டத் திருத்தத்தைக் கூட்டினால், சரியான உச்சி தூரம் கிடைக்கும். அளவிடப்பட்ட உயரத்திலிருந்து ஒளிக்கோட்ட திருத்தத்தைக் குறைத்தால், உண்மையான உயரம் கிடைக்கும்.

(ii) ஒளிக்கோட்ட விளைவாக அடிவான தூரத்திலும், உச்சி கடக்கும் நேரத்திலும் மாற்றம் ஏற்படாது. ஆனால் கடக்கும் போது Z பக்கமாக உயர்ந்திருக்கும்.

(iii) சூரியன் உதிக்கும் நேரம் சற்று முன்னடைவதாகவும் மறையும் நேரம் சற்றுப் பின்னடைவதாகவும் தோன்றும். ஆகவே பகற்பொழுது $\frac{2r''}{15\sqrt{\cos^2\phi - \sin^2\delta}}$ வினாடிகள் அதிகமாவது போலத் தோன்றும்.

(iv) சூரியன், சந்திரன் உதிக்கும்போது நீள்வட்டவடிவமாகத் தோன்றுகின்றன. இதற்குக் காரணம் காண்போம்.



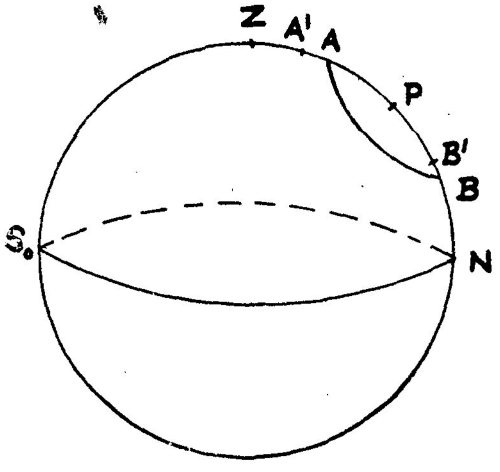
படம் 16-2

வான ஒளிக்கதிர் கோட்டத்தின் காரணமாகச் சூரியனது கிடைத்தள விட்டத்தில் உள்ள புள்ளிகள் எல்லாம் ஒரே வகையில் உயர்த்தப்படுகின்றன. ஆனால் குத்துயர விட்டத்தில் உள்ள புள்ளிகள் வெவ்வேறு வகைகளில் உயர்த்தப்படுகின்றன.

வானுச்சி உயரம் மிகமிக, ஒளிக் கோட்டமும் அதிகரிக்கிறது. ஏனெனில் $r \propto \tan z$. எனவே, சூரியன் உதிக்கும்போது அதன் அடிவரம்பு உச்சியிலிருந்து அதிக தூரத்தில் இருப்பதால், அது அடிவானம் மேல்வரம்பை விட அதிகமாக உயர்கிறது. சூரியனின் கோண விட்டம் 32′ எனக்கொண்டால், தொடுவானில் ஒளிக் கோட்ட விளைவாகச் சூரியனின் கீழ் வரம்பு மேல் வரம்பை விட 5′ அதிகமாக உயர்த்தப்பட்டுத் தோற்றமளிக்கிறது. ஆக நெடு விட்டம் ஏறக்குறைய 5′ சுருங்கி, இடைவிட்டம் ஏறக்குறைய 32′ஆக நமக்குத் தோன்றுகிறது. தோராயமாக, நெடுவிட்டம், இடைவிட்டம் = 27 : 32 என்ற விகிதத்தில் இருக்கிறது. இப்படியாக, இடைவிட்டம் (horizontal diameter), வான ஒளிக் கதிர் கோட்டத்தின் காரணமாக மாறாதிருக்க, நெடுவிட்டம் (vertical diameter) சுருங்கியிருப்பதுபோல் தோன்றுகிறது. இதன் காரணமாக, சூரியனின் வட்டம், உதிக்கும்போது நீள் வட்ட வடிவமாகத் தோன்றுகிறது.

(v) வான ஒளிக்கதிர் கோட்டத்தின் காரணமாக, காட்சி அடிவானத்தின் தூரம் அதிகரிக்கப்படுகிறது. ஆனால் அடிவானத் தாழ்வு குறைக்கப்படுகிறது.

4. வான ஒளிக்கோட்ட மாறிலி அல்லது ஒளிக்கோட்டக்கெழு, மற்றும் இடத்தின் அகலாங்கு காணல்



படம் 16-3

இரு மறையா விண்மீன்கள் உச்சி கடக்கும் இடங்களின் உச்சி தூரத்தைக் கணித்து, கோட்ட மாறிலியையும், இடத்தின் அகலாங்கையும் காணலாம்.

ஒரு மறையாத விண்மீன் சரியாக உச்சிகடக்கும் இடங்கள் A, B ஆகட்டும். அவை தோற்றமாக உச்சிகடக்கும் இடங்கள் A', B' ஆகட்டும். தோற்ற உச்சி தூரங்கள் z_1, z_2 எனின் சரியான உச்சி தூரங்கள்

$$\text{அப்போது,}\quad ZA = ZA' + A'A = z_1 + k \tan z_1$$

$$ZB = ZB' + B'B = z_2 + k \tan z_2$$

இனி, P வடதுருவமாயின்,

$$ZA + ZB = (ZP - AP) + (ZP + PB)$$

$$= 2ZP$$

$$= 2\,(90 - \phi),\ [\phi,\ \text{இடத்தின் அகலாங்கு}]$$

$$(\text{அ-து})\ z_1 + z_2 + k\ (\tan z_1 + \tan z_2) \qquad (1)$$

இவ்வாறே மற்றொரு மறையா விண்மீனுக்கும் உச்சி கடக்கும்போதுள்ள உச்சி தூரத்தைக் கருவிகள் கொண்டு அளக்க

அதன் தோற்ற உச்சி தூரங்கள் z_3, z_4 ஆனால்

$$z_3 + z_4 + k\ (\tan z_3 + \tan z_4) = 2\,(90 - \phi) \qquad (2)$$

(1) ஐயும் (2) ஐயும் ஒருங்கமை சமன்பாடுகளாகக் கொண்டு, k, ϕ இரண்டையும் காணலாம்.

குறிப்பு : kன் மதிப்பு = 58·2″ (ஏறத்தாழ)

5. கேசினி ஒளிக்கோட்ட வாய்பாடு (Cassini's formula for refraction)

மற்றோர் அடிப்படையில் கேசினி என்னும் வானியல் அறிஞர் ஒளிக்கோட்ட வாய்பாடு ஒன்றினை நிறுவியுள்ளார். அவர் அடிப்படையாகக் கொண்டவை,

உண்மையாக இருக்கும் காற்று மண்டலத்தின் இடத்தில், பூமிக்கு மிக அண்மையில் உள்ள படுகையின் அடர்த்தியும் (density) கோட்ட எண்ணும் (refractive index) கொண்ட ஒரேபடித்தான (homogeneous) காற்று மண்டலம் இருப்பதாகக் கொள்ளுதல்.

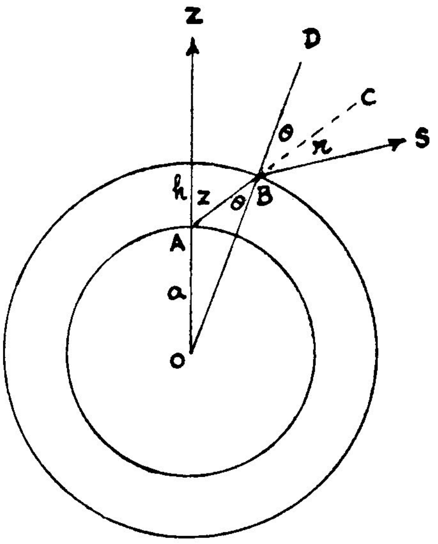
இயற்கைக் காற்று மண்டலத்தால் ஏற்படும் மொத்த அழுத் தத்திற்குச் சமமாக இருக்கும் வண்ணம், இந்தக் கற்பனைக் காற்று மண்டலத்தின் உயரத்தைச் சரிக்கட்டி எடுத்துக்கொள்ளுதல்.

மேல் விவரித்த கொள்கையின் அடிப்படையில், இப்புது காற்று மண்டலத்தின் ஊடாகச் செல்லும் ஓர் ஒளிக்கதிருக்கு ஏற்படும் ஒளிக்கோட்டம், இயற்கைக் காற்று மண்டலத்தின் ஊடே செல்லும் ஒளிக்கதிருக்கு ஏற்படும் ஒளிக்கோட்ட அளவே இருக்கும்.

இப்புது காற்று மண்டலம் வழியாக ஒளிக்கதிர் பாய்ந்து வருங்கால் ஏற்படும் கோட்டத்தை கேசினி ஒரு வாய்பாடாகத் தந்தார். இதன் சிறப்பு யாதெனில், இது உச்சி உயரம் 80° வரையும் பொருந்தும்.

இனி கேசினியின் வாய்பாட்டை வருவிப்போம்

O பூமியின் மையம். *A* என்பது பார்வையாளன் இருக்குமிடம். பூமியின் அரைவிட்டம் '*a*'. அதற்கு மேல் *h* உயரத்திற்கு கேசினி வகுத்த அடிப்படையில் அமைந்த ஒரேபடித்தான கற்பனைக் காற்று மண்டலம் பூமியைச் சூழ்ந்திருப்பதாகக் கொள்வோம்.



படம் 16-4

*OA*ன் நீட்டலில், *A*யின் வான உச்சி *Z* அமையட்டும். *S* என்ற விண்மீனில் இருந்து வரும் ஓர் ஒளிக்கதிரின் பாதை *SB* ஆகட்டும். அது கற்பனைக் காற்று மண்டலத்தை *B* என்னும் புள்ளியில்

சந்தித்து, ஒரே கோட்டமடைந்து (ஒருபடித்தான காற்று மண்டலமாதலால்) BA என்னும் பாதையில் வந்து Aக்குப் புலனாகிறது. ABஐ Cக்கு நீட்டவும்.

Aயில் உள்ள காட்சியாளனுக்கு, விண்மீனின் தோற்ற உச்சி தூரம் $\angle ZAB = z$ என்பதாகும்.

$\angle ABO = \theta$ எனக் கொள்வோம். படத்திலிருந்து ஒளி விலகல்

$= \angle SBC = r$ எனில், $\angle SBD = \theta + r$ ஆகும்.

$$\therefore \quad \frac{\sin(\theta + r)}{\sin\theta} = \mu,$$ (μ என்பது ஒரேபடித்தான காற்று மண்டலத்தின் கோட்ட எண்.)

(அ-து) $\sin\theta \cos r + \cos\theta \sin r = \mu \sin\theta$

r மிகச் சிறியதாகையால், $\cos r = 1$, $\sin r = r$ எனக் கொள்ளலாம்.

$$\therefore \sin\theta + \cos\theta \cdot r = \mu \sin\theta$$

$$\therefore \cos\theta \cdot r = (\mu - 1)\sin\theta$$

$$\therefore r = (\mu - 1)\tan\theta$$

இனி நாம் பெற்ற rன் மதிப்பைக் காணப்பட்ட உச்சி தூரம் zஐப் பொருத்திக் காண்போம்.

புதுக் காற்று மண்டலத்தின் உயரம் h என்பது, பூமியின் ஆரத்துடன் ஒப்பிட்டால், மிகமிகச் சிறிதளவுள்ளதாகும்.

இனி, முக்கோணம் ABOவிலிருந்து

$$\frac{\sin(180° - z)}{\sin\theta} = \frac{BO}{AO}$$

(அ-து) $$\frac{\sin z}{\sin\theta} = \frac{a + h}{a} = 1 + \frac{h}{a} = 1 + x$$ என்க.

(x மிகச்சிறியது)

$$\therefore \quad \sin\theta = \frac{\sin z}{1 + x}$$

$$\cos\theta = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 z}{(1+x)^2}} = \sqrt{\frac{1 + 2x + x^2 - \sin^2 z}{(1+x)^2}}$$

$$= \frac{\sqrt{2x + x^2 + \cos^2 z}}{1 + x}$$

$$\therefore \tan\theta = \frac{\sin z}{\sqrt{2x + x^2 + \cos^2 z}} = \frac{\sin z}{\sqrt{2x + \cos^2 z}}$$

(மிகச்சிறிய x^2 விடப்பட்டது)

$$\therefore \tan\theta = \frac{\sin z}{\cos z \sqrt{\frac{2x}{\cos^2 z} + 1}} = \frac{\tan z}{\sqrt{1 + 2x \sec^2 z}}$$

$$= \tan z\ [1 + 2x \sec^2 z]^{-\frac{1}{2}}$$

$$= \tan z\ [1 - x \sec^2 z], \text{ தோராயமாக}$$

$$= \tan z - x \tan z\ (1 + \tan^2 z)$$

$$= (1 - x) \tan z - x \tan^3 z$$

$$\therefore r = (\mu - 1) \tan\theta = (\mu - 1)\ [(1 - x) \tan z - x \tan^3 z]$$

(அ-து) $r = A \tan z + B \tan^3 z$ (இங்கு Aயும் Bயும் மாறிலிகள்)

கேசனி வாய்பாட்டில், A, Bன் மதிப்புகளைக் காணல்

மூன்று மறையா விண்மீன்கள் மேலுச்சி, கீழுச்சி கடக்கும் போதுள்ள உச்சி தூரங்கள் முறையே (x_1, x_2); (y_1, y_2) (w_1, w_2) ஆகட்டும்.

எனின்,

$$x_1 + x_2 + A\ (\tan x_1 + \tan x_2) + B\ (\tan^3 x_1 + \tan^3 x_2) = 180° - 2\phi$$

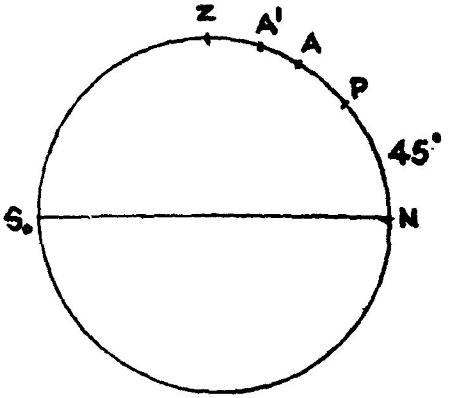
$$y_1 + y_2 + A\ (\tan y_1 + \tan y_2) + B\ (\tan^3 y_1 + \tan^3 y_2) = 180° - 2\phi$$

$$w_1 + w_2 + A\ (\tan w_1 + \tan w_2) + B\ (\tan^3 w_1 + \tan^3 w_2) = 180° - 2\phi$$

அகலாங்கு ϕ, தெரிந்திருந்தால், மேலே கண்ட மூன்று சமன்பாடுகளில் ஏதேனும் இரண்டிலிருந்து A, Bக்களின் மதிப்புகளைக் காணலாம். ϕ தெரியாவிடில், மூன்று சமன்பாடுகளையும் கொண்டு, A, B, ϕ ஆகிய மூன்றின் மதிப்புகளையும் கண்டு கொள்ளலாம்.

பயிற்சி

1. வட அகலாங்கு 45° உள்ள இடத்தில் ஒரு விண்மீனின் உயரம் (ஏற்றகோணம்) 67° 35′ 10″ இருப்பதாகக் காணப்படுகிறது. ஒளிக்கோட்டக்கெழு 58·2″ எனக் கொண்டு, அந்த விண்மீனின் நடுவரை விலக்கம் காண்க



படம் 16-5

[உச்சி வட்டத்தின்மீது விண்மீனின் உண்மையான நிலை A எனக்கொள்வோம். ஒளிக்கோட்டத்தின் விளைவாக அது உச்சியை நோக்கி A'க்கு உயர்த்தப் படும்.

$AA' = k \tan$ (காணப்பட்ட உச்சிதூரம்)

$= k \tan$ (90° − காணப்பட்ட உயரம்)

$= k \tan (90° - 67° 35' 10'')$

$= 58{\cdot}2'' \tan (90° - 67° 35' 10'')$

$= 58{\cdot}2'' \tan 22° 24' 50''$

$= 58{\cdot}2'' \times ({\cdot}41245) = 24''$

விண்மீனின் நடுவரை விலக்கம்

$= 90°$ − துருவதூரம் PA

$= 90° - (PA' - AA')$

$= 90° - (NA' - NP - AA')$

$= 90° - (67° 35' 10'' - 45° - 24'')$

$= 67° 25' 14''$

2. ஓர் இடத்தில் ஒரு மறையாத விண்மீன் உச்சி கடக்கும் போதுள்ள உச்சிதூரங்கள் 47° 28′ம், 22° 18′ம் எனக் காணப்பட்டன. ஒளிக்கோட்டக்கெழு 58″ எனக் கொண்டு, அந்த இடத்தின் அகலாங்கு என்ன என்று காண்க. [விடை : 55°6′ 16·5″]

3. ஒரு விண்மீனின் தோற்ற ஏற்றகோணம் 60°. கோட்ட மாறிலி 58″·2 எனக் கொண்டால், அதன் சரியான ஏற்றகோணம் காண்க.

4. ஒரு விண்மீனின் தோற்ற ஏற்றகோணம் $\sin^{-1}\left(\frac{5}{13}\right)$ $K = 58''\cdot 2$ எனக் கொண்டு அவ்விண்மீனின் சரியான ஏற்றகோணம் காண்க.

5. 44°58′ 58″ வடக்கு அகலாங்குள்ள ஓர் இடத்தில் ஒரு மறையா விண்மீன் மேலுச்சி, கீழுச்சி கடக்கும்போது, அளக்கப்பட்ட உச்சிதூரங்கள் 60°, 30° எனின், கோட்ட மாறிலியைக் காண்க.

6. ஒரு விண்மீனின் தோற்ற உச்சிதூரம் = 30°. ஒளிக் கோட்டக்கெழு 58″·2 எனின், அதன் உண்மை உச்சிதூரத்தைக் கணக்கிடு [விடை 30° 0′ 33″·6]

7. ஒரு விண்மீனின் தோற்ற உயரம் = 30°. ஒளிக் கோட்டக்கெழு 58″·2 எனின், அதன் உண்மையான உயரம் என்ன ? [விடை 29° 58′ 19″·2]

8. ஒரு மறையா விண்மீன் உச்சிகடக்கும்போது, அதன் உச்சி உயரங்கள் முறையே 20°, 30°. இதற்குரிய வான ஒளிக்கோட்ட திருத்தங்கள் முறையே 1′ 40″, 1′ 9″. அந்த இடத்தின் அகலாங்கு என்ன? [விடை : 24°58′35″·5]

9 ஒரு வானப்பொருளின் உண்மையான உயரம். தோற்ற உயரம் முறையே 'a', 'a'' ஆகும்.

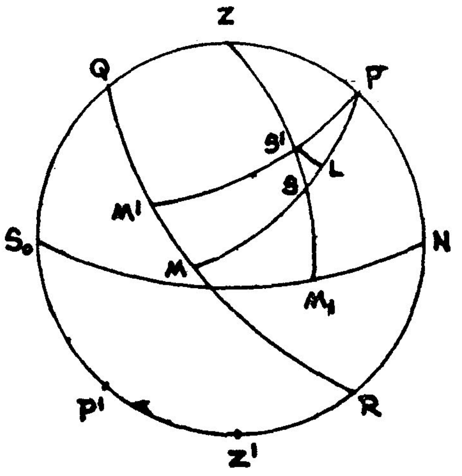
$a = a' - 58{\cdot}2 \cot a'$ என நிறுவுக.

10 ஒளிக்கோட்டத்தினால்,

(i) ஒரு விண்மீனின் தோற்ற நடுவரை விலக்கம் δ எனின், நடுவரை விலக்கத்திருத்தம் $= -k \tan z \cos \eta$ என நிறுவுக. [இங்கு 'η' என்பது விண்மீனின் இடைக்கோணம் (Parallactic angle)

(ii) ஒரு விண்மீனின் தோற்ற நேரக்கோணம் h எனின், நேரக்கோணத் திருத்தம்
$= + k \tan z \sin \eta \sec \delta$ என நிறுவுக.

(iii) வல ஏற்றத்திருத்தம் $= + k \tan z \sin \eta \sec \delta$ என நிறுவுக.



படம் 16–6

[படத்தில் S என்பது விண்மீன். SS' என்பது ஒளிக் கோட்டத்தினால் உச்சிதூரத்தில் ஏற்படும் மாற்றம். PSM, $PS'M'$ முறையே S வழியாகவும், S' வழியாகவும் வரையப்பட்ட நடுவரை விலக்க வட்டங்கள் (declination circles). Z என்பது உச்சி; $S'L$ என்பது நடுவரை QRக்கு இணையாக வரையப்பட்ட சிறு வட்டம். $\angle ZSP = \eta$, விண்மீன் இடைக்கோணம் (Parallactic angle)

இனி சரியான நடுவரை விலக்கம் $= SM$

தோற்ற நடுவரை விலக்கம் $= S'M'$

$\therefore \quad SM = S'M' - SL$

(அ-து) சரியான நடுவரை விலக்கம் = தோற்ற நடுவரை விலக்கம் $- SL$

$\therefore$ நடுவரை விலக்கத் திருத்தம் $= - SL$ (1)

சரியான நேரக் கோணம் $= ZPS$

தோற்ற நேரக் கோணம் $= ZPS'$

$\therefore \quad ZPS = ZPS' + S'PL = ZPS' + S'PS$

(அ-து) சரியான நேரக்கோணம் $=$ தோற்ற நேரக் கோணம் $+ S'PS$

$\therefore$ நேரக்கோணத் திருத்தம் $= + S'PS$
$=$ வில் MM' (2)

இனி $SS'L$ என்பது ஒரு சிறுதள முக்கோணம் எனக் கொள்ளலாம்.

ஆகவே, $SL = SS' \cos S'SL = SS' \cos ZSP$
$= SS' \cos \eta$

$\therefore \quad SL = k \tan z \cos \eta$

$\therefore$ நடுவரை விலக்கப் பிழை $= k \tan z \cos \eta$

நடுவரை விலக்கத் திருத்தம் $= - k \tan z \cos \eta$ (1)

மற்றும், $S'L = SS' \sin S'SL = SS' \sin \eta$
$= k \tan z \sin \eta$

இனி, $= S'L = MM' \cos M'S'$

$\therefore \quad MM' = S'L \sec M' S'$

$= k \tan z \sin \eta \sec \delta$

எனவே நேரக்கோணத் திருத்தம் $= k \tan z \sin \eta \sec \delta$ (2)

இனி சரியான வல ஏற்றம் $= \gamma M$

$= \gamma M' + M'M$

$=$ தோற்ற வல ஏற்றம்

$+ k \tan z \sin \eta \sec \delta$ (3)

11. ஒளிக்கோட்டம் காண, கேசினி (Cassini) நிறுவிய வாய்பாடு $r = A \tan z + B \tan^3 z$ என்பதை வருவி.

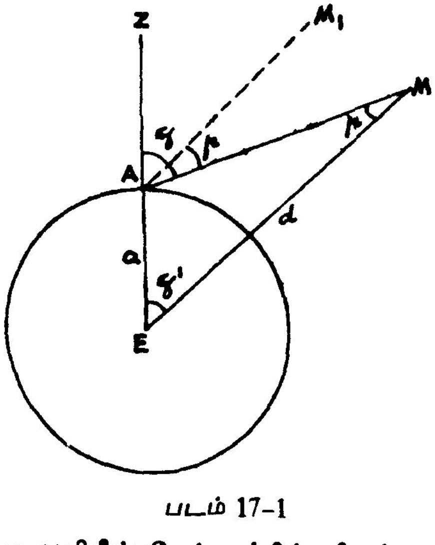
(இந்த வாய்பாடு எந்தக் கொள்கை அடிப்படையில் நிறுவப்பட்டது என்பதையும் விளக்கு.)

இந்த வாய்பாட்டிலுள்ள A, B என்ற மாறிலிகள் எவ்வாறு நிர்ணயிக்கப்படுகின்றன எனக்காட்டு.

17. புவிமையத் தோற்றப் பிழை

(GEOCENTRIC PARALLAX)

1. பூமியில் பல்வேறு இடங்களிலிருந்து வான் பொருள்களைப் பற்றிய கண்டறிதல்கள் பதிவு செய்யப்படுகின்றன. இவற்றினை ஒழுங்குபடுத்துவதற்கு, புவிமையத்தை ஒரு திட்டமான புள்ளியாகக் கொண்டு, அவ்விடத்திலிருந்து கண்டறிதல்கள் பதிவு செய்யப்பட்டால் கிடைக்கும் அளவுகளைத் திட்டமாகக் கொண்டு மற்ற அளவுகள் திருத்தப்படுகின்றன.



படம் 17-1

A என்பது பூமியின் மேற்பரப்பின் மீதுள்ள ஏதேனும் ஓர் இடம். *M* ஒரு வான் பொருள். *E* என்பது பூமியின் மையம். இங்கு ஒரு பார்வையாளன் இருப்பின் அவன் *M*ஐ *EM* என்ற திசையில் பார்ப்பான். *EM* என்பது *M*ன் உண்மையான திசை எனப்படும். *A*ல் உள்ள பார்வையாளன் *M*ஐ *AM* என்ற திசையில் பார்ப்பான். *AM* என்பது *M*ன் தோற்ற திசை எனப்படும்.

இவ்விரு திசைகளின் வேறுபாட்டுக் கோணமான $\angle EMA$ என்பது அவ் வான் பொருள் Mன் புவிமையப் பிழை (Geocentric parallax) எனப்படும். இது 'p' எனக் குறிக்கப்படுகிறது.

ஆகவே, ஒரு வான் பொருளின் புவிமையப் பிழையளவு யாதெனில், பார்வையாளன் உள்ள இடத்தைப் புவிமையத்தோடு இணைக்கும் பூமியின் ஆரம் ($AE = a$) வானப்பொருள் Mல் ஏற்படுத்தும் கோணமாகும்.

2. உச்சி தூரத்தில் ஏற்படும் புவிமையப் பிழை காணல்

படத்தில் A வழியாக $AM_1 \parallel EM$ வரைக.

Eலிருந்து Mன் சரியான உச்சி தூரம்

$$= \angle ZEM = \angle ZAM_1$$

Aலிருந்து Mன் தோற்ற உச்சி தூரம் $= \angle ZAM = z$ என்க.

ஆகவே, சரியான உச்சி தூரம்

$$= \angle ZAM_1 = \angle ZAM - \angle M_1AM$$

$$= z - p$$

(அ-து) சரியான உச்சி தூரம் = தோற்ற உச்சி தூரம் — புவிமையப் பிழை

இதையே வேறு வகையாகவும் காணலாம்.

Oவிலிருந்து பார்ப்பவருக்கு Mன் உச்சி தூரம் $= z$

Eயிலிருந்து பார்ப்பவருக்கு Mன் உச்சி தூரம் $= z'$ ஆகும்

AME என்ற முக்கோணத்திலிருந்து,

$$\angle ZAM = \angle AEM + \angle AME$$

(அ-து) $z = z' + p$

(அ-து) தோற்ற உச்சி தூரம் = உண்மையான உச்சி தூரம் + புவிமையப் பிழை

ஆகவே, தோற்ற உச்சி தூரம், உண்மையான உச்சிதூரத்தை விட அதிகமாக இருக்கிறது.

ஆகவே, புவிமையப் பிழையின் விளைவாக வானப் பொருள் வானக்கோளத்தில் தாழ்த்தப்பட்டுக் காணப்படுகிறது.

(2) இனி pன் மதிப்பை அளவிடுவோம்

பூமியின் ஆரம் 'a' எனவும், Eயிலிருந்து வான் பொருளின் தூரம் 'd' எனவும் கொள்வோம்.
முக்கோணம் EAMலிருந்து,

$$\frac{a}{\sin p} = \frac{d}{\sin EAM} = \frac{d}{\sin (180°-z)} = \frac{d}{\sin z}$$

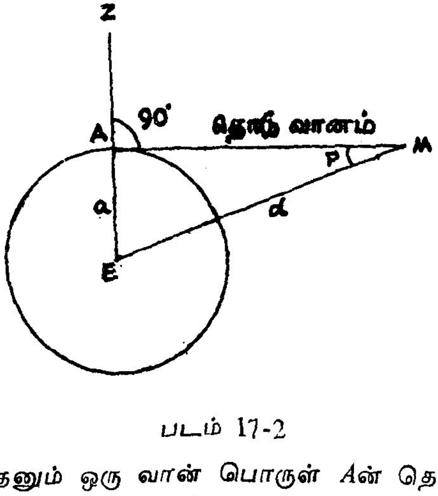
$$\therefore \sin p = \frac{a}{d} \sin z$$

வான் பொருள்களில் நமக்கு மிக அண்மையில் உள்ளது சந்திரன் ஆகும். அதனுடைய தூரம் 238900 மைல்கள். பூமியின் ஆரம் = 3960 மைல்கள்.

ஆகவே, சந்திரனைப் பற்றி $\frac{a}{d}$ன் மதிப்பு சுமாராக $\frac{1}{60}$ எனலாம். இதர வான் பொருள்கள் அதிக தூரத்தில் இருப்பதால் $\frac{a}{d}$ன் மதிப்பு மிகக் குறைவாகும். ஆகவே p என்பது ஒரு சிறிய கோணமாகும்

$\therefore$ $\sin p = p$ எனக் கொள்ளலாம்.

$$\therefore p = \frac{a}{d} \sin z \qquad (1) \quad \text{(ஆரையன் அளவுகளில்)}$$



படம் 17-2

M என்ற ஏதேனும் ஒரு வான் பொருள் Aன் தொடுவானத்தில் காணப்படின், $z = 90°$ ஆகும்.

அப்பொழுது p தனது மீப்பெரு மதிப்பாகிய $\frac{a}{d}$ ஐ அடைகிறது. இம் மீப்பெரு மதிப்பை P எனக் குறிப்பிட்டால், P என்பது தொடுவான புவிமையப் பிழை (Horizontal Geocentric Parallax) எனப்படும். (அ-து) $P = \frac{a}{d}$

$$\text{ஆகவே, } p = P \sin z \qquad (2)$$

ஒரு வான் பொருளின் பதிவு செய்த உச்சி தூரம் z எனில், அதன் சரியான உச்சி தூரம் $= z - P \sin z$ ஆகும்.

குறிப்பு : சூரியனின் தொடுவான புவிமையப் பிழை காணல்

$$P = \frac{a}{d} = \frac{3960}{93 \times 10^6} \text{ (ஆரையன் அளவில்)}$$

$$= \frac{3960}{93 \times 10^6} \times \frac{180}{\pi} \times 60 \times 60 \text{ (விகலைகள்) (Seconds)}$$

$$\approx 9'' \text{ (விகலைகள்)}$$

3. சந்திரனின் தொடுவான புவிமையப் பிழை

$$P = \frac{a}{d} = \frac{3960}{240000} \text{ (ஆரையன் அளவில்)}$$

$$= \frac{3960}{240000} \times \frac{180}{\pi} \times 60 \text{ கலைகள் (minutes)}$$

$$\approx 57' \text{ (கலைகள்)}$$

சந்திரனது தூரத்தைப்போல், சூரியனின் தூரம் ஏறக்குறைய 400 மடங்கு அதிகமாதலின், சூரியனது தோற்றப்பிழை மிகச்சிறியதாக உள்ளது (1 : 400 என்ற விகிதத்தில் குறைந்திருக்கிறது).

விண்மீன்களின் புவிமையத் தோற்றப் பிழை எடுத்துக் கொள்ளப்படுவதில்லை

விண்மீன்கள் பலகோடி மைல்களுக்கு அப்பால் இருப்பதால், அவை இப்பிழையால் பாதிக்கப்படுவதில்லை. ஏனெனில், புவி மையத்திலிருந்து அவற்றைப் பார்க்கும் திசையும், பார்வையாளன் பூமியின் மேலிருந்து பார்க்கும் திசையும், ஏறக்குறைய ஒரே திசையாகவே அமைந்து விடுகின்றன. ஆகவே விண்மீன்களுக்குப் புவிமையப் பிழை எடுத்துக்கொள்ளப்படுவதில்லை.

நடைமுறையில் சூரியன், சந்திரன், மற்றக் கோள்கள் ஆகியவற்றிற்கு மட்டுமே, புவிமையப் பிழைகள் கணக்கில் எடுக்கக் கூடிய அளவுக்கு இருப்பதால், அவை (மிகமிகச் சிறியதாயினும்) கணக்கிடப்படுகின்றன.

4. இனி ஒளிக்கோட்ட விளைவுகளை, புவிமையத் தோற்றப் பிழை விளைவுகளுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்ப்போம்

ஒளிக்கோட்ட விளைவுகள்	புவிமையத் தோற்றப் பிழை விளைவுகள்
1 ஒளிக் கோட்டத்தின் விளைவாக வானப்பொருள் உச்சி நோக்கி உயர்த்தப்படுகிறது ஆகவே அதன் உச்சி தூரம் குறைகிறது; ஆனால் அதிகரித்துத் தோன்றுகிறது	1 புவிமையத் தோற்றப் பிழை விளைவாக வானப்பொருள் வானத்தில் உச்சியிலிருந்து தொடுவானப் பக்கம் தாழ்கிறது. அதனால் அதன் உச்சி தூரம் அதிகமாகத் தோன்றுகிறது. உயரம் குறைந்து தோன்றுகிறது.
2 பிழை : கூட்டவேண்டியது $k \tan z$; உச்சி தூரத்தைப் பொருத்தது.	2 பிழை : கழிக்க வேண்டியது $P \sin z$; உச்சி தூரத்தைப் பொருத்தது.
3 தொடு வான தூரம் (azimuth), உச்சி கடத்தல் நேரம் மாறாது.	3 தொடுவான தூரம் (azimuth) உச்சி கடத்தல் நேரம் மாறாது
4 K மாறிலி $= \mu - 1$; ஆனால் காற்று மண்டல நிலையைப் பொருத்தது. ஒரு குறிப்பிட்ட காற்று மண்டல நிலையில், எல்லா வான் பொருளுக்கும் K மாறிலி மதிப்புடையது.	4 P மாறிலி $= \frac{a}{d}$. இங்கு 'a' என்பது பூமியின் ஆரம்; d என்பது பூமியிலிருந்து வான் பொருளின் தூரம் — Pயின் மதிப்பு காற்று மண்டல நிலையைப் பொருத்தது அல்ல.
5 விண்மீன்கள், சூரியன், சந்திரன், கோள்கள் ஆகிய எல்லா வான் பொருள்களும் பாதிக்கப்படும்.	5 சூரியன், சந்திரன், கோள்கள் மட்டுமே பாதிக்கப்படும். விண்மீன்கள் புவிமையப் பிழையால் பாதிக்கப்படுவதில்லை.
6 தொடுவானத்திற்கு மேலுள்ள காலம், $\frac{2r}{15\sqrt{\cos^2\phi - \sin^2\delta}}$ வினாடிகள் அதிகமாகும்.	6 தொடுவானத்திற்கு மேலுள்ள காலம் $\frac{2P}{15\sqrt{\cos^2\phi - \sin^2\delta}}$ வினாடிகள் குறைகிறது.

7. சந்திரன், ஒளிக்கோட்ட விளைவினால் உச்சியை நோக்கி உயர்த்தப்படுவதை விட, புவிமையப் பிழையின் காரணமாக அதிகமாகத் தாழ்த்தப்படுகிறது. ஆக இரு விளைவுகளின் மொத்தப் பலன் அது வானத்தில் தாழ்த்தப்படுகிறது. ஆனால் மற்ற வான் பொருள்கள் யாவும், புவிமையப் பிழையின் காரணமாகத் தாழ்த்தப்படுவதை விட ஒளிக் கோட்ட விளைவினால் அதிகமாக உச்சிநோக்கி உயர்த்தப்படுகின்றன.

பயிற்சி

1. சூரியனின் பதிவு செய்யப்பட்ட உயரம் 60°. அதன் புவிமையப் பிழை 4″·4. அதன் உண்மையான உயரம் என்ன ? [விடை : 60° 0′ 4″·4]

2. சந்திரனது தொடுவான புவிமையப் பிழை 57′ 6″. அதன் காணப்பட்ட உயரம் 60° எனில், அதன் உண்மையான உயரம் என்ன?

[விடை : 60° 28′ 33″]

3. சூரியனது தொடுவான புவிமையப் பிழை 8″·8. அதன் காணப்பட்ட உச்சி தூரம் 60° எனில், அதன் உண்மையான உச்சி தூரம் என்ன ?

[விடை : 59° 59′ 52″·4]

4. சந்திரனது தொடுவான புவிமையப் பிழை 57′ 6″. பூமியின் ஆரம் 4000 மைல்கள் எனில், பூமியிலிருந்து சந்திரனது தூரத்தைக் கணக்கிடுக.

[விடை : 2,40,000 மைல்கள் (தோராயமாக)]

5. சூரியனது தொடுவான புவிமையப் பிழை 8″·8 எனில் பூமியிலிருந்து அதன் தூரத்தைக் கணக்கிடு.

[93,700,000 மைல்கள்]

6. பூமியின் ஆரத்தைப் போல் சந்திரனின் தூரம் 60 மடங்காயின் சந்திரனின் தொடுவான புவிமையப் பிழையைக் காண்க. [$P = 57' \; 17''$]

7. சந்திரனிலிருந்து பூமியைப் பார்த்தால், பூமி ஏறத்தாழ 57′ கோண அரை விட்டமுள்ள சந்திர வான்பொருளாகக் காட்சியளிக்கும் என நிறுவுக.

8. பூமியானது சூரியனை ஒரு குவியத்தில் கொண்ட ஒரு நீள்வட்டப்பாதை ($e = \frac{1}{60}$) யில் சுற்றுகிறதெனில், சூரியனின் மீப்பெரு, மீச்சிறு புவிமையப் பிழைகளைக் காண்க.

[மீப்பெரு தூரம் $= d\,(1+e)$

$\therefore$ மீச்சிறு புவிமையப் பிழை

$$= \frac{a}{d\,(1+e)} = \frac{a}{d}(1+e)^{-1} \approx \frac{a}{d}\,(1-e)$$

$$\approx P\,(1-e) = 9''\left(1-\frac{1}{60}\right) = 8''\cdot 85$$

இதேபோல் மீப்பெரு புவிமையப்பிழை $= 9''\cdot 15$]

9. சந்திரன் பூமியை ஒரு குவியத்தில் கொண்ட ஒரு நீள் வட்டப் பாதையில் $\left(e = \frac{1}{18}\right)$ சுற்றுகிறதெனில், சந்திரனின் மீப்பெரு, மீச்சிறு புவிமையப் பிழைகளைக் காண்க. [$60'\cdot 2$; $53'\cdot 8$]

10. சந்திரனின் தொடுவான புவிமையப் பிழை (Horizontal parallax) $= 57'$; அதன் கோண விட்டம் $= 32'$. சந்திரனின் ஆரத்தைக் கணக்கிடுக.

[1122·8 மைல்கள்]

11. பூமியின் ஆரம் : சந்திரனின் ஆரம் = சந்திரனின் புவி மையப் பிழை : சந்திரனின் அரை விட்டக் கோணம் என நிறுவுக.

12. சூரியனது தொடுவான புவிமையப் பிழை $8''\cdot 8$. அதன் கோண விட்டம் $= 32'$. அதன் விட்டத்தை மைல்களில் கணக்கிடு. [872,727 மைல்கள்]

13. ஒரு வான் பொருளின் தொடுவான புவிமையப் பிழை P, அதன் கோண அரை விட்டம் θ. பூமியின் ஆரம் $= a$; வான் பொருளின் ஆரம் $= r$ எனில், $\dfrac{P}{\theta} = \dfrac{a}{r}$ என நிறுவுக.

14. கீழே தரப்பட்டுள்ள காட்சிப் பதிவுகள் கொண்டு, காட்சி யிடத்தின் அகலாங்கு காண்க.

சூரியன் கீழ் விளிம்பு உச்சி கடக்கும்போது உச்சி தூரம் $62°\ 24'\ 45''$ தெற்கு

சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் = + 20° 55′ 10″
சூரியனின் கோண அரை விட்டம் = 15′ 47″
காட்சியிடத்தில் புவிமையப் பிழை = 5″
ஒளிக்கோட்டம் = 30″
அடிவானத்தாழ்வு = 4″

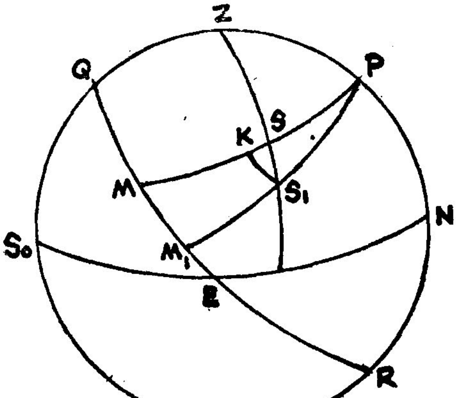
[சூரியனின் மையத்தின் உண்மையான உயரம் = காணப்பட்ட சூரியனின் கீழ்விளிம்பின் உயரம் + கோண அரை விட்டம் + புவிமையப் பிழை — அடிவானத் தாழ்வு — ஒளிக்கோட்டம்

= 62° 24′ 45″ + 15′ 47″ + 5″ — 4″— 30″ = 62° 40′ 3″ தெற்கு

ஆகவே, உண்மையான உச்சி உயரம்
= 90° — 62° 40′ 3″ = 27° 19′ 57″ தெற்கு

இடத்தின் அகலாங்கு
= $\delta + z$ = 20° 55′ 10″ + 27° 19′ 57″ = 48° 15′ 7″]

15. புவிமையத் தோற்றப் பிழை காரணமாக, வல ஏற்றம், நடுவரை விலக்கம், நேரக்கோணம் ஆகியவற்றில் ஏற்படும் மாறுதல்களைக் காண்க.



படம் 17-3

[S என்பது வான் பொருளின் (α, δ) உண்மையான நிலை. S_1 என்பது புவிமையப் பிழையின் காரணமாக வான் பொருளின் தோற்ற நிலை. $SS_1 = P \sin z$ (z என்பது வான் பொருளின் தோற்ற உச்சி தூரம்.)

S, S_1 வழியாக வரைந்த நடுவரை விலக்க வட்டங்கள் நடுவரையை M, M_1 என்ற புள்ளிகளில் சந்திக்கட்டும். S_1லிருந்து PMக்குச் செங்குத்தாக S_1K வரைக.

$\angle ZSP = \eta$, வான் பொருளின் இடைக்கோணம். SS_1 மிகச் சிறிய அளவுடையதால், SS_1K என்பது ஒரு தள முக்கோணம் எனக் கொள்ளலாம்.

வல ஏற்றம் அதிகரிக்கிறது :

வல ஏற்ற மாறுதல் $= MM_1$

இனி $S_1K = MM_1 \cos\delta$

$$\therefore MM_1 = S_1K \sec\delta = SS_1 \sin\eta \sec\delta$$
$$= P\sin z \sin\eta \sec\delta$$

மேலும், ZSP என்ற முக்கோணத்தில்,

$$\frac{\sin ZP}{\sin\eta} = \frac{\sin ZS}{\sin ZPS}$$

$$\frac{\sin(90-\phi)}{\sin\eta} = \frac{\sin z}{\sin h}$$

$$(\text{அ-து})\ \frac{\cos\phi}{\sin\eta} = \frac{\sin z}{\sin h}$$

$$\therefore \sin z \sin\eta = \cos\phi \sin h$$

$$\therefore MM_1 = P\sin z \sin\eta \sec\delta$$
$$= P\cos\phi \sin h \sec\delta \qquad (1)$$

இனி நேரக்கோணப் பிழை $= MPM_1 =$ வில் MM_1

ஆக வல ஏற்றம் அதிகரிப்பு $=$ நேரக் கோண அதிகரிப்பு
$=$ வில் MM_1

$$= P\sin z \sin\eta \sec\delta = P\cos\phi \sin h \sec\delta\ ;$$

நடுவரை விலக்கப் பிழை $= KS = SS_1 \cos S_1SK$

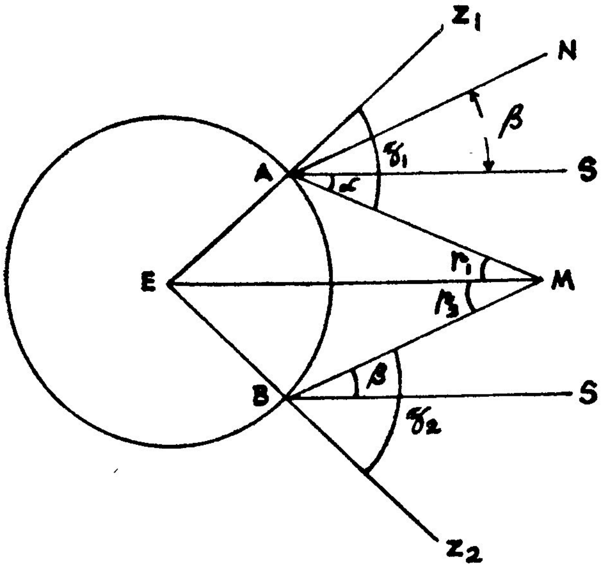
$$= SS_1 \cos\eta = P\sin z \cos\eta \qquad (2)$$

16. உச்சி கடத்தல் அளவுகளைக் கொண்டு எவ்வாறு சந்திரனின் புவிமையப் பிழையைக் கணக்கிடலாம் என விளக்குக.

[பூமியின் மீது ஒரே நெட்டாங்கில் உயர்ந்த வட அகலாங்குள்ள A என்ற ஓர் இடத்தையும், உயர்ந்த தென் அகலாங்குள்ள B என்ற ஓர் இடத்தையும் எடுத்துக்கொள்வோம்.

காட்சிப் பதிவு செய்யும் நாளன்று சந்திரனுக்குரிய வல ஏற்றம் பெற்று, நடுவரை விலக்கம் ஏறக்குறைய சமமாயும் உள்ள ஒரு விண்மீனைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்வோம்.

இனி, சந்திரன் இரு இடங்களிலும் உச்சி கடக்கும் போது, சந்திர மையத்தின் உச்சி தூரம் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். A, B என்ற இரு இடங்களும் பூமியில் ஒரே நெட்டாங்கில் இருப்பதால், சந்திரனும், விண்மீனும் ஒரே சமயத்தில் உச்சி கடக்கும்.



படம் 17-4

படத்தில் M சந்திரனைக் குறிக்கும். S என்பது விண்மீனாகும்.

Aயில் உச்சி திசை AZ_1 ; Bயில் உச்சி திசை BZ_2

M உச்சி கடக்கும்போது, Aயில் உச்சி தூரம் $= Z_1AM = z_1$ ஆகுக.

M உச்சி கடக்கும்போது, Bயில் உச்சி தூரம் $= Z_2BM = z_2$ ஆகுக.

அதே சமயத்தில், சந்திரனுக்கும் விண்மீன் Sக்கும் இடைப்பட்ட கோண தூரம் $SAM = \alpha$, $SBM = \beta$ அளந்துகொள்க.

S வெகு தொலைவில் இருப்பதால் $AS \parallel BS$ எனக் கொள்வோம்.

$AN \parallel BM$ என வரைந்து கொள்வோம்.

$AS \parallel BS$, $AN \parallel BM$

$\therefore \quad \angle SAN = SBM = \beta$

மேலும், $\angle AMB = \angle MAN \; (\because \; AN \parallel BM)$

$$= \alpha + \beta$$

இனி, $\angle AME = p_1 = P \sin z_1$, P சந்திரனின் தொடு வானப் புவிமையப் பிழை

$$\angle BME = p_2 = P \sin z_2$$

$$\therefore \quad p_1 + p_2 = P (\sin z_1 + \sin z_2)$$

$$\therefore \quad P = \frac{p_1 + p_2}{\sin z_1 + \sin z_2}$$

ஆனால் $p_1 + p_2 = \angle AMB = \alpha + \beta$ ஆகும்

$$\therefore \quad P = \frac{\alpha + \beta}{\sin z_1 + \sin z_2}$$]

18. சூரியனின் மையத் தோற்றப் பிழை— ஆண்டுத் தோற்றப்பிழை

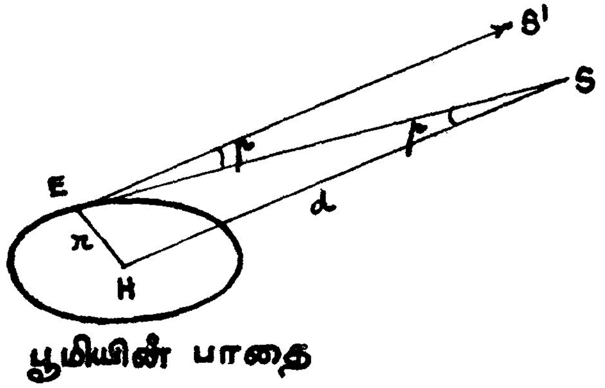
(HELIOCENTRIC PARALLAX — ANNUAL PARALLAX)

1. விண்மீன்கள் புவிமையப் பிழையால் பாதிக்கப்படுவ தில்லை எனப் பார்த்தோம். ஏனெனில் புவிமையத்திலிருந்து அவற்றினைப் பார்க்கும் திசையும், பூமியின் மேற்பரப்பிலிருந்து அவற்றினைப் பார்க்கும் திசையும் ஏறக்குறைய ஒரே திசைகளாக அமைந்துவிடுகின்றன.

பூமி சூரியனைச் சுற்றி வரும் பாதை ஒரு வட்டமெனக் கொண்டால், அதன் விட்டம் = 186 மில்லியன் மைல்கள். ஆகவே, 6 மாத இடைவெளியில் பூமி அப்பாதையின் விட்டத்தின் இரு முனைகளில் காணப்படும். இந்த இரு நிலைகளுக்கும் இடைப்பட்ட தூரம் 186 மில்லியன் மைல்கள். இவ்விரு நிலை களிலிருந்தும் ஒரு குறிப்பிட்ட விண்மீனை நோக்கும்போது, அதன் திசை வெவ்வேறாயிருக்கும்.

ஆகவே, விண்வெளியில் பூமியின் பல்வேறு நிலைகளிலிருந்து வான் பொருள்களைப் பார்த்து அவற்றைப் பற்றிய காட்சி அளவுகளைப் பதிவு செய்யும்போது அவ்வளவுகள் வேறுபடலாம். இதனால் சூரியன் மையத்தை ஒரு நிலைத்த புள்ளியாகக்கொண்டு அங்கிருந்து அளக்கும் வான் பொருள்கள் பற்றிய அளவுகளைத் திட்டமானதாகக் (standard) கொண்டு, பூமியிலிருந்து நாம் பதிவு செய்யும் அளவுகளுக்குரிய பிழை திருத்தங்களைக் காண லாம்.

படத்தில், H சூரியன். S ஒரு விண்மீன். E என்பது தனது பாதையில் பூமியின் நிலை. (விண்மீன்கள், சூரியனிடமிருந்தோ, பூமியிலிருந்தோ வெகு தொலைவில் இருப்பதால், சூரியன், பூமி, விண்மீன் ஆகிய யாவையும் புள்ளிகளாகவே குறிக்கப்படுகின்றன.)



படம் 18-1

ES என்பது விண்மீனின் புவிமையத் தோற்ற திசை (geo-centric direction) ஆகும். HS என்பது சூரியன் மையத் தோற்ற திசை (heliocentric direction) எனப்படும். இந்தச் சூரிய மையத் தோற்ற திசையே திட்டமான திசையாகக் (standard direction) கொள்ளப்படுகிறது. இவ்விரு திசைகளுக்கும் இடைப்பட்ட கோண மான ESH என்பது அவ்விண்மீனின் சூரியமையத் தோற்றப் பிழை (heliocentric or annual parallax) எனப்படும்.

அதாவது, சூரியன், பூமி ஆகிய இரண்டையும் இணைக்கும் நேர் கோடு ஒரு விண்மீனில் தாங்கும் கோணம் அவ் விண்மீனின் தோற்றப் பிழை எனப்படும்.

2. இப்பிழை 'p' எனக் குறிக்கப்படும், இதன் மதிப்பைக் காண்போம்.

படத்தில், முக்கோணம் HSEல், $HS = d$, $HE = r$

$$\frac{\sin p}{\sin E} = \frac{r}{d}$$

$$\therefore \sin p = \frac{r}{d} \sin E$$

r உடன் ஒப்பிடும்போது, d மிகப் பெரியதாகையால், $\frac{r}{d}$ sin Eன் மதிப்பு சிறியதாகும்.

எனவே, sin pன் மதிப்பு மிகச் சிறியதாகும்.

$\therefore$ p ஆரையின் அளவில் கொடுக்கப்படின், $\sin p = p$ எனக் கொள்ளலாம்.

$\therefore$ ஆரையின் அளவில் தோற்றப்பிழை, தோராயமாக,

$p = \frac{r}{d} \sin E$ எனப் பெறப்படுகிறது.

இங்கு E என்பது சூரியனும், விண்மீனும் பூமியின்கண் தாங்கும் கோணம்.

$E = 90°$ ஆகும்போது, விண்மீனின் சூரியமையத் தோற்றப் பிழை மீப்பெரு மதிப்பை அடைகிறது. இவ்விதம் ஒவ்வொரு விண்மீனுக்கும் ஆண்டுக்கு இருமுறை மீப்பெரு மதிப்பு அமைகிறது.

இப் பெருமதிப்பை, P எனக் குறிப்பிட்டால்,

$P = \frac{r}{d} \sin 90° = \frac{r}{d}$ ஆகும்.

$\therefore p = P \sin E.$

3. பார்செக் (Parsec)

$P = \frac{r}{d}$ என்னும் சூத்திரத்தில், $\frac{r}{d}$ ஆரையன் அளவுகளாகும்; $\therefore$ Pயும் ரேடியன்கள்.

ஆரையன்களை விகலைகளில் (செகண்டுகளில்) மாற்றினால்,

$P = \frac{r}{d} \times \frac{180}{\pi} \times 60 \times 60$ விகலைகள். இப்பொழுது P விகலைகளின் அளவாகும்.

$$\therefore P'' = \frac{r}{d} \times 206265''$$

$$\therefore \frac{P''}{206265''} = \frac{r}{d}$$

ஆகவே ஒரு விண்மீனின் சூரிய மையப் பிழை தெரிந்தால், அதன் தூரத்தைக் கணக்கிடலாம்.

இதில் $P = 1$ ஆனால்,

$d = 206265 \times r$ ஆகும்.

இத் தூரத்தை நாம் 1 பார்செக் எனக் குறிப்பிடுகிறோம். (அ-து) ஒரு விண்மீனின் சூரிய மையத் தோற்றப்பிழை (Annual Parallax) 1 விகலை (1 second) எனின், அவ்விண்மீன் உள்ள தூரம் ஒரு பார்செக் எனப்படும்.

$\therefore$ 1 பார்செக் $= 206265 \times r$

$= 206265 \times 93 \times 10^6$ மைல்கள்.

ஒளியாண்டு : ஒளி, ஓராண்டுக் காலத்தில் பயணம் செய்யும் தூரம் ஓர் ஒளியாண்டு எனப்படும்.

$\therefore$ 1 ஒளியாண்டு $= 186000 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365{\cdot}25$ மைல்கள்

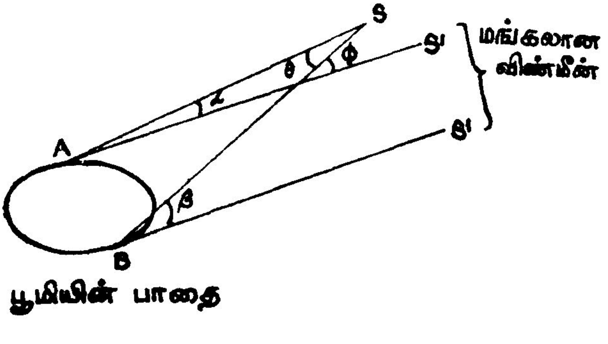
$$\therefore \ 1 \text{ பார்செக்} = \frac{206265 \times 93 \times 10^6}{186000 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365{\cdot}25}$$

$= 3{\cdot}26$ ஒளியாண்டுகள்

ஆகவே, 1 பார்செக் என்பது ஓர் ஒளியாண்டு அலகைவிடப் பெரிய அலகாகும்.

4. ஒரு விண்மீனின் ஆண்டுத் தோற்றப் பிழையைக் கணித்தல்— பெஸ்ஸல் முறை (Bessel's method)

விண்மீன் Sன் ஆண்டுத் தோற்றப் பிழை காண வேண்டுமானால், அதற்கு நெருங்கி ஆனால் இன்னும் வெகு தொலைவில் உள்ள ஒரு மங்கலான விண்மீன் S'ஐத் தேர்ந்தெடுக்கவும்.



படம் 18-2

பூமியின் பாதையில் A, B என்பன ஒரு விட்டத்தின் எதிர் முனைகளாகட்டும். Eயிலிருந்து பார்க்கும்போது, விண்மீனின் திசைகள் முறையே AS, BS ஆகும்.

மங்கலான விண்மீன் S' ஐ நோக்கும் திசைகள் AS', BS' ஆகும். ஆனால் S' வெகு தொலைவில் உள்ளதால்,

AS', BS' இணைகோடுகளாகக் கருதப்படுகின்றன. A, B, S, S' என்பன ஒரே தளத்தில் இருப்பதாகவும் கொள்ளப்படுகிறது.

Aயில் பார்வையாளன், S, S'க்கு இடையேயுள்ள கோணம் $\angle SAS'$ஐ அளக்கிறான். இது 'α' எனக்கொள்வோம்.

6 மாதங்கள் கழித்து B என்னும் விட்ட எதிர்முனைப் புள்ளியில் S, S'க்கு இடையேயுள்ள கோணம் β அளக்கப்படுகிறது.

இனி, படத்திலிருந்து, $\phi = \alpha + \theta$ ஆகும்.

ஆனால் AS', BS' இணையாவதால்,

$$\phi = \beta$$

$$\therefore \alpha + \theta = \beta$$

$$\theta = \beta - \alpha$$

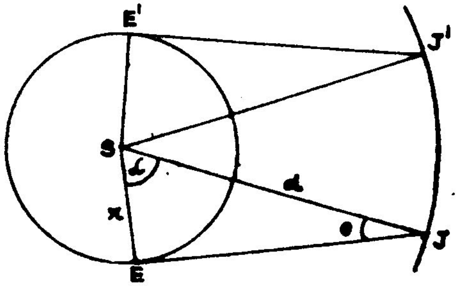
ஆகவே Aயும் Bயும் S இடத்தில் தாங்கும் கோணம் θன் மதிப்பைக் கணக்கிட முடிகிறது.

இனி $p = \frac{1}{2} \theta$

இவ்வாறு விண்மீன் Sன் ஆண்டுத் தோற்றப் பிழையைக் கணக்கிடலாம்.

5. வியாழனின் ஆண்டுத் தோற்றப் பிழை கணக்கிடல்

வியாழன் எதிர்திசை நிலையில் (opposition) இருக்கும் போது அது சூரியனைப்போல் நான்கு மடங்கு தூரத்தில் இருப்பதால், அதன் புவிமையப் பிழை மிகமிகச் சிறியதாகும்.



படம் 18-3

ஆனால் அதன் ஆண்டுத் தோற்றப் பிழையைப் பின்வருமாறு கணிக்கலாம்.

படத்தில் வியாழன் அரை பிறைநிலையில் (quadrature) இருக்கும்போது S, E, J என்பன சூரியன், பூமி, வியாழன் ஆகியவற்றைக் குறிக்கட்டும். ஆகவே $\angle SEJ$ ஒரு செங்கோணமாகும். வியாழன் மறுபடியும் அரை பிறை நிலையில் இருக்கும்போது அவைகளின் நிலை S, E', J' ஆகட்டும்.

எனவே பூமி வில் EE' தூரம் நகர்ந்திருக்கிறது. இதே காலத்தில் வியாழன் நகர்ந்த தூரம் வில் JJ' ஆகும்.

இரு காட்சிப் பதிவுகளுக்கும் இடையேயுள்ள நாட்கள் நமக்குத் தெரிந்திருப்பதால், அந்த இடைவெளியில் பூமி வரைந்த $\angle ESE'$ன் கோண அளவைக் கணக்கிடலாம். இதேபோல் $\angle JSJ'$ம் கணக்கிடலாம்.

இனி, முக்கோணங்கள் SEJயும் $SE'J'$ம் சர்வசமம்.

$$\therefore \angle ESJ = \angle E'SJ' = \alpha \text{ என்க.}$$

$$\therefore \angle ESE' - \angle JSJ' = \angle ESJ + \angle E'SJ'$$
$$= 2\angle ESJ = 2\alpha$$

$$\therefore \alpha = \tfrac{1}{2}[\angle ESE' - \angle JSJ']$$

ஆகவே, αன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

இனி $\theta = 90 - \alpha \quad \therefore \theta$ன் அளவு தெரியவரும்.

(அ-து) சூரியனையும், பூமியையும் இணைக்கும் கோடு வியாழனில் தாங்கும் கோணம் தெரியவருகிறது.

$\therefore \theta$ என்பது வியாழனின் சூரிய மையப் பிழையாகும்.

இனி, $\sin\theta = \dfrac{r}{d}$

(அ-து) $\theta = \dfrac{r}{d}$

மேலும் $d = \dfrac{r}{\sin\theta}$;

இதிலிருந்து பூமியிலிருந்து வியாழனின் தூரத்தைக் கணிக்கலாம்.

6. T, வியாழனின் சூரியவழிச் சுற்று காலமாகவும், அதன் இரு அரை பிறை நிலைகளுக்கு இடைப்பட்ட காலம் Q ஆகவும் இருப்பின் வியாழனின் ஆண்டுத் தோற்றப் பிழை $= 90^\circ \left(1 - \frac{2Q}{T}\right)$ என நிறுவலாம்.

T நாள்களில் வியாழன் பூமியைப்பொறுத்துச் சூரியனை 360° சுற்றுகிறது.

$\therefore$ Q நாள்களில் வியாழன் பூமியைப் பொறுத்துச் சூரியனை $\frac{360^\circ\ Q}{T}$ சுற்றுகிறது.

(அ-து) Q நாள்களில் வியாழன் பூமியைவிட செல்லும் தூரம் $= \frac{360^\circ\ Q}{T}$ ஆகும்.

(அ-து) $2a = \frac{360^\circ\ Q}{T}$ $\therefore a = \frac{180^\circ\ Q}{T}$

$\therefore$ ஆண்டுத் தோற்றப்பிழை

$$= 90^\circ - \frac{180^\circ\ Q}{T} = 90^\circ \left(1 - \frac{2Q}{T}\right) \text{ ஆகும்.}$$

பயிற்சி

1. a செண்டாரையின் ஆண்டுத் தோற்றப் பிழை $0''\cdot75$ எனில், சூரிய மண்டலத்தில் இருந்து அதன் தூரத்தைக் கணக்கிடுக.
2. ஒரு விண்மீனின் ஆண்டுத் தோற்றப்பிழை $0''\cdot2$. ஒளியின் வேகம் 186000 மைல்கள் எனக்கொண்டு அதிலிருந்து ஒளி பூமியைச் சேர ஆகும் காலத்தைக் கணக்கிடு.
3. ஆண்டுத் தோற்றப் பிழையின் விளைவாக ஒரு விண்மீன் எவ்வித இடப்பெயர்ச்சியும் பெறாமல் இருக்க அது எங்கே அமைய வேண்டும்.
   [பூமியையும், சூரியனையும் இணைக்கும் கோட்டில்]
4. ஆண்டுத் தோற்றப் பிழையின் விளைவு மிக அதிகமாக இருக்க, அவ்விண்மீன் எங்கே இருக்கவேண்டும்.
   [சூரியனிடமிருந்து 90° கோண தூரத்தில்]
5. 61 சிக்னி (61 Cygni) என்னும் விண்மீனின் சூரிய மையத் தோற்றப் பிழை $0''\cdot5$ எனின், நமது சூரிய மண்டலத்தி லிருந்து இவ்விண்மீனைப் போல் 10 மடங்கு தொலைவில் உள்ள ஒரு விண்மீனின் சூரியமையத் தோற்றப் பிழை என்ன ? [விடை $0''\ 0\cdot5$]

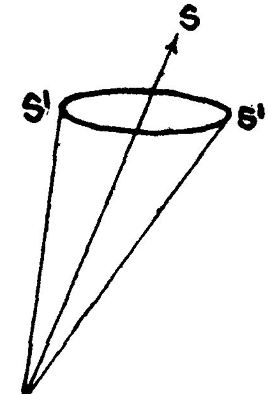
6. α சென்டாரையின் ஆண்டுத் தோற்றப்பிழை 0″·75 ; 61 சிக்னியின் ஆண்டுத் தோற்றப்பிழை 0″·5 எனின், இவ்விரு விண்மீன்களின் தூரங்களை ஒப்பிடுக. [2 : 3]

7. வியாழனின் கிழக்கு, மேற்கு அரை பிறை நிலைகளுக்கு இடையேயுள்ள காலம் 175 நாட்கள் ; அதன் இரு அடுத்தடுத்த எதிர்திசை நிலைகளுக்கு இடையேயுள்ள காலம் 400 நாட்கள் எனின் வியாழனின் ஆண்டுத் தோற்றப் பிழை காண்க. [விடை : 11° 15′]

8. சூரியனின் தொடுவான புவிமையப் பிழை 9″ எனவும், பூமியின் ஆரம் 4000 மைல்கள் எனவும் கொண்டு, ·5″ ஆண்டுத் தோற்றப் பிழையுள்ள ஒரு விண்மீனின் தூரத்தைக் கணக்கிடுக. [$40{\cdot}16 \times 10^{12}$ மைல்கள்]

9. விண்மீனின் ஆண்டுத் தோற்றப்பிழை விளைவாக, அது தன் உண்மை நிலையைச் சுற்றி ஒரு நீள்வட்டப் பாதையில் இயங்குகிறது என நிறுவுக.

(பூமி Eயிலிருந்து விண்மீனைப் பார்க்கும் திசை ES' ஆகட்டும். சூரியனிலிருந்து விண்மீனைப் பார்க்கும் திசைக்கு இணையாக ES வரைக. ஆகவே $\angle SES'$ விண்மீனின் ஆண்டுப்பிழை p ஆகும். பூமி தனது பாதையில் சூரியனைச் சுற்றி வரும்போது, ES திசை மாறாது. ஆனால், ES'ன் திசையும், $\angle SES'$ம் மாறும். இவ்வகையில் ES' என்ற கோடு, ESஐ அச்சாகக் கொண்டு ஒரு கூம்பை வரைகிறது. விண்மீனின் உண்மையான நிலையாகிய S வழியே வானக் கோளத்திற்கு ஒரு தொடுதளம் வரைந்தால், அத்தளம் இக்கூம்பை வெட்டுமிடத்து வெட்டு முகம் ஒரு நீள்வட்டமாகும். வானக் கோளத்தில் S' ஆல் இந்த நீள்வட்டமே வரையப்படுகிறது.)



படம் 18-4

19. ஒளிப் பிறழ்ச்சி

(ABERRATION)

1. பூமியில் உள்ள ஒரு பார்வையாளன் ஒரு வான் பொருளை நோக்கும்போது, அதிலிருந்து வரும் ஒளிக் கதிரை ஒரு நேர்கோட்டு திசையில் பார்க்கிறான். இது அவ் வான் பொருளின் தோற்ற திசையே. ஏனெனில், பூமி சூரியனைச் சுற்றி இயங்குவதால், அவன் இருக்குமிடம் நிலையானதன்று. ஆகவே அவன் ஒளிக்கதிரைப் பார்க்கும் திசை யாதெனின், பூமியின் வேகத்தை யொட்டி ஒளிக்கதிரின் சார்வேகத் (relative velocity) திசையேயாகும். இச் சார்வேகத் திசையில்தான் பார்வையாளன் அவ் வான்பொருளை திசை குறிக்கிறான். ஒளிக் கதிரின் உண்மையான திசைக்கும், அப் பார்வையாளன் அந்த ஒளிக்கதிரைக் காணும் திசைக்கும் உள்ள வேறுபாடு ஒளிப்பிறழ்ச்சி (Aberration) எனப்படும்.

2. ஒளிப்பிறழ்ச்சி அளவு வாய்பாடு காணல்

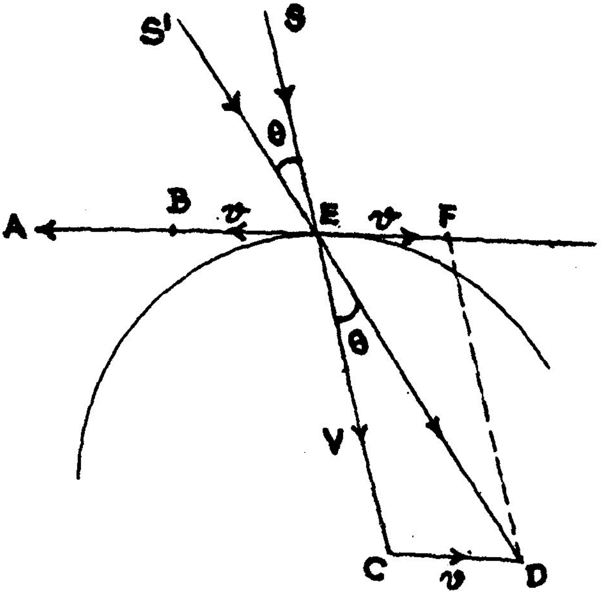
படத்தில் E என்பது ஒரு குறிப்பிட்ட சமயத்தில் பூமியின் நிலை. பூமியின் பாதைக்கு E என்னுமிடத்தில் EA என்ற தொடு கோடு வரைக. பூமியின் திசைவேகம் v எனின், EAன் திசையில் $EB = $ 'v'ஐ குறிப்பதற்கு ஏற்ப எடுத்துக்கொள்வோம். S ஏதேனும் ஒரு விண்மீனைக் குறிக்கட்டும். அப்பொழுது SE ஆனது விண்மீனின் ஒளிக்கதிர் பூமிக்கு வரும் சரியான திசையைக் குறிக்கும். அவ்வொளியின் வேகம் V எனக் கொள்வோம். SEஐ Cக்கு நீட்டி, ECன் நீளத்தை V குறிப்பதற்கு ஏற்ப எடுத்துக் கொள்வோம்.

இப்போது, பூமியின் வேகத்தை யொட்டி ஒளிக்கதிரின் சார்வேகத் திசையில்தான் விண்மீன் காணப்படும். இச் சார் வேகத் திசையைக் காண, ஒளிக்கதிர் வேகத்தோடு பூமியின் நேர் எதிர் வேகத்தை இணைகர விதிப்படி கூட்டி, ED என்ற விளைவு (resultant) திசைவேகத்தைப் பெறுகிறோம்.

$\vec{BF} = v$, $\vec{EC} = V$; $ECDF$ இணைகரம்.

ஆகவே Eயிலுள்ள பார்வையாளனுக்கு அவ்விண்மீனின் ஒளி வரும் திசை ED ஆகும். (அ-து) $S'ED$ ஆகும்.

ஒளி வரும் சரியான திசை SEயிலிருந்து ஒளியின் தோற்ற திசை $S'E$ பிறழ்ச்சியாகி இருக்கிறது. பூமி இயக்கத்தின் திசைவேகம், ஒளியின் வேகம் ஆகியவற்றின் விளைவாக இப் பிறழ்ச்சி ஏற்படுகிறது.



படம் 19-1

ஒளி வரும் சரியான திசை SEக்கும், தோற்ற திசை $S'E$க்கும் இடைப்பட்ட $\angle SES'$ என்பது ஒளிப்பிறழ்ச்சி எனப்படும்.

இதன் அளவு θ எனக் குறிப்போம்.

ஒரு விண்மீனின் உண்மையான திசைக்கும் பூமியின் இயங்கு திசைக்கும் இடைப்பட்ட கோணம் பூமி வழி (Earth's way) எனப்படும்.

படத்தில் $\angle SEA$ (அ-து) $\angle E$ என்பது பூமி வழியைக் குறிக்கும். ஒளிப் பிறழ்ச்சியின் விளைவாக, SE திசையில் வர வேண்டிய ஒளி $S'E$ திசையில் வருவதாகத் தோன்றுகிறது. இத் தோற்ற திசை $S'E$ ஆனது SEஐ விட EAன் பக்கம் சாய்ந்திருப்பதைக் காண்கிறோம்.

ஆகவே ஒளிப் பிறழ்ச்சியின் விளைவாக ஒரு வான் பொருள் பூமி தன் பாதையில் இயங்கும் திசைப் பக்கம் (இடப் பெயர்ச்சி செய்யப்படுகிறது) சாய்கிறது.

3. இனி ஒளிப் பிறழ்ச்சியின் அளவை மதிப்பிடுவோம்.

ECD என்ற முக்கோணத்திலிருந்து,

$$\frac{v}{\sin \angle CED} = \frac{V}{\sin \angle EDC}$$

(அ-து) $$\frac{v}{\sin \theta} = \frac{V}{\sin \angle EDC} \quad [\angle CED = \angle SES' = \theta]$$

$$\therefore \quad V \sin \theta = v \sin \angle EDC$$

$$\therefore \quad \sin \theta = \frac{v}{V} \sin \angle EDC$$

$$= \frac{v}{V} \sin \angle S'EA \quad [\because \angle EDC = \angle S'EA$$
ஒத்த கோணங்கள்]

$$= \frac{v}{V} \sin \angle SEA \quad [\because \angle S'EA = \angle SEA,$$
தோராயமாக]

$$= \frac{v}{V} \sin \text{(பூமி வழி)}$$

இனி, vன் மதிப்பு வினாடிக்கு 18·5 மைல்கள்; ஆனால் Vன் மதிப்போ வினாடிக்கு 186000 மைல்கள். எனவே, $\frac{v}{V}$ மிகச் சிறியதாகும்.

$\therefore \sin \theta$ மிகச்சிறிய மதிப்புடையதாகும்.

ஆகவே, $\sin \theta \approx \theta$ (ஆரையன் அளவுகள்) கொள்ளலாம்

$$\therefore \theta = \frac{v}{V} \sin E$$

இங்கு $\frac{v}{V}$ ஒரு மாறிலியாதலால், அதை K எனக் குறிப்பிடலாம்.

எனவே $\theta = K \sin E$ (E என்பது வான் பொருளின் பூமி வழி எனப்படும்.)

$\therefore$ ஒளிப்பிறழ்ச்சி $= K \sin$ (வான் பொருளின் பூமி வழி)

K என்பது ஒளிப்பிறழ்ச்சிக் கெழு எனப்படும்

ஆகவே, ஒளிப்பிறழ்ச்சியானது sin (பூமி வழி) என்பதுடன் நேர் விகிதத்தில் மாறுகிறது எனப் பெறுகிறோம்.

குறிப்பு 1 : K ஆனது பூமியின் திசை வேகத்திற்கும் ஒளியின் வேகத்திற்கும் உள்ள விகிதம் என வரையறுக்கலாம்.

$$\theta = K \sin E \text{ (ஆரையன்களில்)}$$

$$= \frac{18 \cdot 5}{186000} \sin E \text{ (ஆரையன்களில்)}$$

$$\approx \frac{1}{10000} \sin E \text{ (ஆரையன்களில்)}$$

$$\theta'' \approx \frac{1}{10000} \times \frac{180 \times 60 \times 60}{\pi} \sin E \text{ (செகண்டுகளில்)}$$

$$\approx 20'' \cdot 6 \sin E$$

$$\therefore K \approx 20'' \cdot 6$$

∴ ஒளிப் பிறழ்ச்சியின் கெழு செகண்டுகளில் (கோணம்) கொடுக்கும்போது ஏறக்குறைய $20'' \cdot 6$ ஆகும். அதன் சரியான மதிப்பு $= 20'' \cdot 49$ ஆகும்.

குறிப்பு 2 : $\theta = K \sin E$

$E = 90°$ ஆகும்போது, θ தனது மீப்பெருமதிப்பைப் பெறும். மீப்பெருமதிப்பு $= K \sin 90° = K$ ஆகும்.

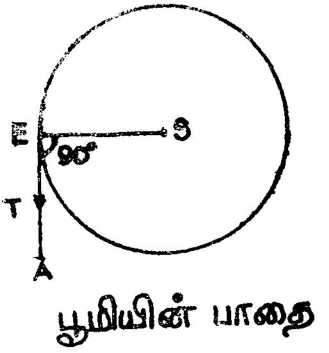
ஆகவே ஒளிப்பிறழ்ச்சியானது பூமியின் வழி (Earth's way) 90° ஆகும்போது தன் மீப்பெருமதிப்பைப் பெறும்.

குறிப்பு 3 : பூமியானது வானவெளியில் நகரும்போது, அதன் திசைவேகம் ஒரு குறிப்பிட்ட தருணத்தில் வெட்ட வெளியில் ஒரு புள்ளியை நோக்கி இருக்கிறது.

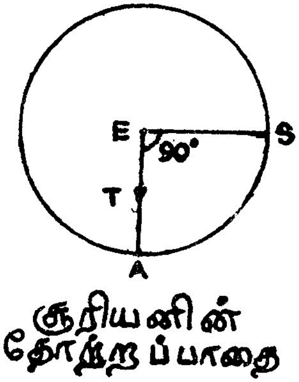
நமது விளக்கத்தில் பூமி Eயின் வேகம் EA என்னும் திசை நோக்கி இருக்கிறது. EA என்ற திசை வானக் கோளத்தைத் தொடும் இடம் A எனக் கொள்வோம்.

இப்புள்ளி A என்பது பூமியின் வழிமுனை (Apex of the Earth's way) எனப்படும்.

குறிப்பு 4 : எத்தருணத்திலும், பூமிவழியின் முனை (Apex) ஆனது சூரியப்பாதையில் சூரியனுக்கு 90° பின்னால் இருக்கும் புள்ளியாகும்.



(i)



(ii)

படம் 19-2

படம் (i)ல், E என்பது பூமி சூரியனைச் சுற்றிவரும் போதுள்ள ஏதேனும் ஒருநிலை. பூமியின் திசைவேகம் பாதைக்குத் தொடுகோடாகிய ET என்னும் திசையில் உள்ளது.

ஆகவே $\angle SET = 90°$.

படம் (ii)ல், பூமி நிலையாக இருப்பதாகக் கொள்ளப் படுகிறது. SEக்குச் செங்குத்தாக ET வரைந்தால், அத்தருணத் தில் பூமியின் திசைவேகம் வெட்டவெளியில் ET திசையில் அமையும். ET ஆனது சூரியப் பாதையை A யில் சந்தித்தால், A என்பதே அத்தருணத்தில் பூமிவழியின் முனை (Apex of the Earth's way)யாகும்.

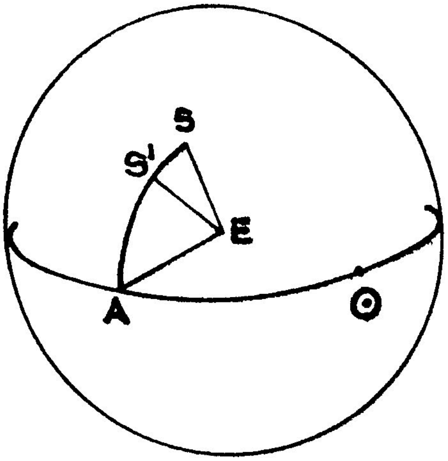
வில் $AS = AES = 90°$

ஆகவே, பூமிவழியின் முனை என்பது சூரியப்பாதையில் (பாதை, வட்டமெனக் கொள்ளப்படுகிறது) சூரியனுக்குப் பின்னால் 90° இருக்கும் புள்ளியாகும்.

கிளை : சூரியனின் நெட்டாங்கு ⊙ எனின், பூமிவழி முனை யின் நெட்டாங்கு = (⊙ − 90°).

4. ஒளிப்பிறழ்ச்சி விளைவாக விண்மீனின் தோற்ற நிலையின் இயங்குவழி அதன் உண்மை நிலையைச் சுற்றி ஒரு நீள்வட்டமென நிறுவுதல்

ஒளிப்பிறழ்ச்சி காரணமாக விண்மீன் தோற்ற நிலையில் மாற்றம் ஏற்படும். ஓராண்டில் அத்தோற்ற நிலையின் இயங்கு வழியைக் காண்போம்.



படம் 19-3

ஏதேனும் ஒரு கணத்தில் விண்மீன் நிலையில் மாற்றம் EAஐ நோக்கி, ESA என்னும் தளத்தில் நிகழ்கிறது. S, S' என்பன ஒரு விண்மீனின் உண்மையான நிலையையும் தோற்ற நிலையையும் குறிப்பிட்டால்,

$$SS' = k \sin \angle S'EA = k \sin S'A$$

பூமியின் வழிமுனை (Apex of the Earth's way) ஓராண்டுக் காலத்தில் சூரியப்பாதையைச் சுற்றிவருகிறது. ஆகையினால் விண்மீனின் இடப்பெயர்ச்சி அடைந்த நிலையைக் குறிக்கும் புள்ளி உண்மையான நிலையைச் சுற்றி ஒரு வளைவை வரைகிறது. வானக்கோளத்தின் மீது இந்த வளைவின் வீச்சு ஒரு நீள் வட்டமாகும்.

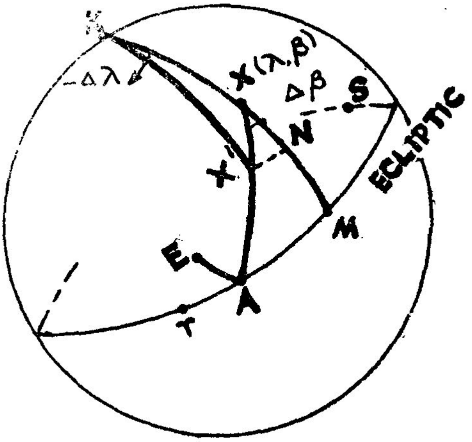
X என்பது ஒரு விண்மீன். X' என்பது ஒளிப்பிறழ்ச்சி காரணமாக அதன் தோற்ற நிலை. X வழியாகக் கதிரவன் பாதைக்கு இணையாக Xx என்ற கோடு வரைக (படத்தில் Xx காட்டப்படவில்லை). X வழியாக உள்ள இரு செங்குத்துக் கோடுகள் Xx, XM முறையே x, y அச்சுகளாக எடுத்துக்கொள்க. அப்போது X'ன் ஆயத் தொலைகள்

(x, y) எனக் கொண்டால்

(1) $x = X'N = k \cos (\odot - \lambda)$

(2) $y = XN = k \sin \beta \sin (\odot - \lambda)$ ஆகும் என நிறுவலாம்.

இங்கு $\odot$ என்பது கதிரவனின் நெட்டாங்கு ஆகும்.
λ, β விண்மீனின் வான நெட்டாங்கு, அகலாங்குகளைக் குறிக்கும்.



படம் 19-4

ஓராண்டில் $\odot$ன் மதிப்பு 0°லிருந்து 360° வரை மாறுகிறது. இம்மதிப்பு மாற மாற Xன் நிலையும் வெவ்வேறாகிறது. எனவே X'ன் இயங்கு வழியைப் பெறச் சமன்பாடுகள் (1), (2) லிருந்து $\odot$ நீக்கிப் பெறப்படும் சமன்பாடு

$$\frac{x^2}{k^2} + \frac{y^2}{k^2 \sin^2 \beta} = 1$$

இச்சமன்பாடு ஒரு நீள்வட்டத்தின் சமன்பாடாகும்.

இந்த நீள்வட்டத்தின் பேரச்சின் நீளம் $2k$.

அரைப் பேரச்சின் நீளம் $= K = 20''\cdot49$ (ஒளிப்பிறழ்ச்சியின் மீப்பெருமதிப்பு)

சிற்றச்சின் நீளம் $= 2k \sin\beta$ (β என்பது விண்மீனின் அகலாங்கு) ஆகவே அரை அச்சு $= k \sin\beta$ ஆகும்.

$\therefore$ நீள்வட்டத்தின் சமன்பாடு $\frac{x^2}{k^2} + \frac{y^2}{k^2 \sin^2\beta} = 1$

இந் நீள்வட்டத்தின் குவிமையப் பிறழ்வு $= e$ எனில்,

$k^2 \sin^2\beta = k^2 (1-e^2)$

$\therefore e^2 = 1-\sin^2\beta = \cos^2\beta$

$\therefore e = \cos\beta$

கிளை 1: விண்மீன் சூரியனுடைய பாதையில் ஒரு துருவத்தில் இருக்குமானால், $\beta = 90°$. அப்போது தோற்ற விண்மீன் இயங்கு வழியின் சமன்பாடு

$$\frac{x^2}{k^2} + \frac{y^2}{k^2} = 1 \quad (\text{அ-து})\ x^2+y^2 = k^2$$

இயங்குவழி துருவத்தைச் சுற்றி k ஆரங்கொண்ட ஒரு வட்டமாகிறது

கிளை 2: விண்மீன் சூரியன் பாதையின் மேல் இருக்குமானால், $\beta = 0$ நீள்வட்டத்தின் சமன்பாட்டைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$x^2 \sin^2\beta + y^2 = k^2 \sin^2\beta$

இங்கு $\beta = 0$ எனப் பிரதியிட, $y^2 = 0$ எனப் பெறுகிறோம்.

$\therefore \ y = 0$

அதாவது இயங்குவழி சூரியன் பாதையிலே ஒரு சிறு கோடாகும்.

(அ-து) சூரியன் பாதையிலே, S க்கு இரு பக்கமும் K அளவிற்குள் ஊசலாடும்.

மேலே கண்டவற்றை எல்லாம் பின்வருமாறு சுருக்கிக் கூறலாம்

(1) ஒவ்வொரு விண்மீனும் சூரியப்பாதையில் சூரியனுக்கு 90° பின்னுள்ள புள்ளியை நோக்கி ஒளிப்பிறழ்ச்சி செய்கிறது. இப்புள்ளி பூமி வழிமுனைப் புள்ளி எனப்படும்.

(2) இதனால் ஏற்படும் இடப்பெயர்ச்சி அளவு

K sin (பூமி வழி) ஆகும்.

(3) $K = \frac{v}{V}$ ஒரு மாறிலி

(4) நிலை மாற்றத்தால் ஏற்படும் தோற்ற நிலையின் இயங்கு வழி உண்மை நிலையைச் சுற்றி ஒரு நீள்வட்டமாகும்.

5. ஒளிப்பிறழ்ச்சி விளைவுகளை சூரியனின் மையத் தோற்றப்பிழை விளைவுகளுடன் ஒப்பீடு செய்தல்

1. ஒரு விண்மீனின் ஆண்டுத் தோற்றப்பிழை அது நம்மிடமிருந்துள்ள தூரத்தைப் பொருந்தியது. ஆனால், ஒளிப்பிறழ்ச்சி மாறிலி எல்லா விண்மீன்களுக்கும் ஒரே மதிப்புடையதாகும். அது அவைகளின் தூரத்தைச் சார்ந்ததன்று.

2. ஆண்டுத் தோற்றப் பிழையின் காரணமாக ஒரு விண்மீன் சூரியனை நோக்கி P sin E அளவு இடம் பெயர்கிறது. ஆனால் ஒளிப்பிறழ்ச்சி காரணமாக ஒரு விண்மீன் சூரியப்பாதையில் சூரியனுக்கு 90° பின்னுள்ள புள்ளியை நோக்கி K sin (பூமி வழி) அளவு இடம் பெயர்கிறது.

3. சூரியனின் மையத்தோற்றப்பிழை பூமிக்கும் சூரியனுக்கும் உள்ள இடைவெளி காரணமாக ஏற்படுகிறது. ஆனால் ஒளிப்பிறழ்ச்சி பூமியின் இயக்கத்தால் எற்படுகிறது.

4. ஒளிப்பிறழ்ச்சியின் மாறிலி 20″·47 ஆகும். ஆனால், வெகு சமீபத்தில் உள்ள விண்மீனின் ஆண்டுத் தோற்றப்பிழை 0″·75 ஆகும். மற்ற விண்மீன்களுக்கு அது இன்னமும் குறைவே. ஆகவே ஒளிப்பிறழ்ச்சியின் விளைவே அதிக சக்தி வாய்ந்ததாகக் காணப்படும். இரண்டு விளைவுகளும் கீழ்க்காணும் வகைகளில் ஒத்திருக்கின்றன.

(i) சூரியனின் மையத் தோற்றப்பிழை விளைவாக ஏற்படும் இடப்பெயர்ச்சியின் காலவட்டம் ஓராண்டாகும்.

இதேபோல் ஒளிப்பிறழ்ச்சியினால் ஏற்படும் இடப்பெயர்ச்சியின் காலவட்டமும் ஓராண்டேயாகும்.

(ii) சூரியனின் மையத்தோற்றப் பிழையால் உண்டாகும் நிலைமாற்றத்தால் ஏற்படும் தோற்ற நிலையின் இயங்குவழி உண்மை நிலையைச் சுற்றி ஒரு நீள்வட்டமாகிறது.

இதேபோல் ஒளிப்பிறழ்ச்சியின் விளைவாக உண்டாகும் நிலைமாற்றத்தின் தோற்ற நிலையின் இயங்குவழி உண்மை நிலையைச் சுற்றி ஒரு நீள்வட்டமேயாகும்.

மேலும், இவ்விரு நீள்வட்டங்களும் வடிவொத்தும், ஒரே மாதிரி அமைக்கப்பட்டதாகவும் (similar and similarly situated) இருக்கும்.

6. ஒளிப்பிறழ்ச்சியின் வகைகள்

இதுவரை நாம் பார்த்தது பூமி, சூரியனைச் சுற்றி வருவதன் விளைவாக ஏற்படும் ஒளிப்பிறழ்ச்சி. இப்பிறழ்ச்சியை ஆண்டொளிப் பிறழ்ச்சி (Annual aberration) எனவும் கூறுவதுண்டு. இது தவிர தினசரி ஒளிப்பிறழ்ச்சி (Diurnal aberration). கோள் ஒளிப் பிறழ்ச்சி (Planetary aberration) என்னும் ஒளிப்பிறழ்ச்சியும் உண்டு. இவற்றைப் பற்றிக் கருதுவோம்.

தினசரி ஒளிப்பிறழ்ச்சி (Diurnal aberration) : பூமி, சூரியனைச் சுற்றி வருவதுடன், நாள்தோறும் அது தன்னையும் சுற்றிக்கொள்கிறது. இதன் விளைவாகவும் பார்வையாளர் இருக்குமிடம் நிலை மாறுவதால், ஒளிப்பிறழ்ச்சி ஏற்படுகிறது.

இவ்விதமாக பூமியின் தினசரி சுழற்சியால் ஏற்படும் ஒளிப் பிறழ்ச்சிக்கு 'தினசரி ஒளிப்பிறழ்ச்சி' எனப் பெயர்.

இதன் அளவு மிகக் குறைவாக இருப்பதால், இதைக் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்வதில்லை.

கோள் ஒளிப்பிறழ்ச்சி (Planetary aberration): எல்லாக் கோள்களும் சூரியனைச் சுற்றி வெவ்வேறு வேகங்களில் தத்தம் பாதைகளில் சுற்றி வருகின்றன.

ஒரு கோளும், பூமியும் சூரியனைச் சுற்றி வரும்போது, ஒரு கோளினின்று வரும் ஒளிக்கதிர் பிறழ்ச்சியடையும். இவ்வித ஒளிப் பிறழ்ச்சிக்கு கோள் ஒளிப்பிறழ்ச்சி (Planetary aberration) எனப் பெயர்.

சந்திரனைப் பொருத்தவரை, அது பூமியைச் சுற்றி வரும் வேகம், ஒளியின் வேகத்துடன் ஒப்பிடும்போது மிகமிகக் குறைவு. ஆகவே இதன் காரணமாக ஏற்படும் ஒளிப்பிறழ்ச்சி பூச்சியம் எனக் கொள்ளலாம். மற்றும், பூமி தன் பாதையில் சூரியனைச் சுற்றி வருவதன் விளைவாகவும் ஒளிப்பிறழ்ச்சி ஏற்படுவதற்கு ஏதுவில்லை. ஏனெனில் சந்திரனும் இவ்வியக்கத்தில் பங்கேற்கிறான். ஆகவே சந்திரனுக்கு ஒளிப்பிறழ்ச்சி கிடையாது எனவே நாம் கொள்ளலாம்.

குறிப்பு: சாதாரணமாக 'ஒளிப்பிறழ்ச்சி' எனக் கூறும் போது, ஆண்டு ஒளிப் பிறழ்ச்சியையே (Annual aberration) குறிப்பிடுகிறோம்

பயிற்சி

(1) சூரியப் பாதையில் உள்ள ஒரு விண்மீனின் உண்மையான நெட்டாங்கு 90°, ஒளிப்பிறழ்ச்சி மாறிலி $= 20{\cdot}47''$ எனக் கொண்டு, செப்டம்பர் மாதம் 23ஆம் தேதியன்று அவ்விண்மீனின் தோற்ற (apparent) நெட்டாங்கைக் கணக்கிடுக. [90°]

(2) ஒளிப்பிறழ்ச்சியினால் பாதிக்கப்படாத விண்மீன்களின் இடமென்ன ?

[பூமி வழிமுனையிலுள்ள (அ-து) Aயில் உள்ள விண்மீன்கள் பாதிக்கப்படாது. மேலும், Aக்கு நேர் எதிரில் சூரியனின் பாதையிலுள்ள விண்மீன்களும் பாதிக்கப்படாது.]

3. ஒளிப்பிறழ்ச்சியினால், அகலாங்கில் மட்டும் பிறழும் விண்மீன்களின் இடமென்ன ?

[A யோடு சூரியப் பாதையின் துருவம் Kஐ இணைக்கும் துணை வட்டத்திலுள்ள விண்மீன்கள் அகலாங்கில் மட்டும் பிறழும்.]

4. (i) பூமியின் தினசரி சுழற்சியின் விளைவாக, பூமி நடுவரை மேலுள்ள ஓர் இடத்திலுள்ள பார்வையாளன் மேற்கிலிருந்து கிழக்குத் திசையில் ஏறக்குறைய வினாடிக்கு 0·3 மைல் வேகத்தில் செல்கிறான் என நிறுவு.

(ii) தினசரி இயக்கத்தைப் பொருத்தவரை, பூமியின் வழிமுனை எப் புள்ளியாகும்.

(iii) தினசரி ஒளிப்பிறழ்வு மாறிலி 0"·32 எனக் காட்டுக.

(iv) பார்வையாளன் பூமியின் நடுவரை மீது இருக்கும் போது தினசரி ஒளிப்பிறழ்வின் காரணமாக ஒரு விண் மீனின் நிலையில் மீப்பெரு மாறுதல் ஏற்படுகிறது எனக் காண்பி.

(v) துருவங்களில் தினசரி ஒளிப்பிறழ்வின் விளைவு ஏதுமில்லை எனக் காட்டுக.

(vi) தினசரி ஒளிப்பிறழ்வின் காரணமாக ஒரு விண் மீனின் உச்சி உயரம் பாதிக்கப்படமாட்டாது; ஆனால் மேலுச்சி கடத்தல் சற்றுத் தாமதமாகும்; மறையா விண்மீன்களாயின் கீழுச்சி கடத்தல் துரிதப்படுத்தப்படு கிறது எனக் காட்டுக.

5. ஒரு கோளின் ஒளிப்பிறழ்ச்சியைப் படம் வரைந்து விளக்குக.

20. சம இரவுப் புள்ளி களின் பின்னகர்ச்சி, அச்சசைவு

(PRECESSION OF THE EQUINOXES AND NUTATION)

1. ஹிப்பார்க்கஸ் என்ற வானியல் அறிஞர் பல ஆண்டுகள் செய்த ஆராய்ச்சியின் பயனாக விண்மீன்களின் வான நெட்டாங்கு ஆண்டுதோறும் ஏறக்குறைய 50″ மிகுவதையும் விண்மீன்களின் வான அகலாங்கில் மாறுதலே ஏற்படாமலிருப் பதையும் கண்டார்.

இதனால் γ ஒரு நிலைத்த புள்ளி அல்ல என்றும், அது விண் மீன்கள் பின்னணியில் சூரியன் பாதையின் மேலேயே நகர்கிறது எனவும், அந்நகர்ச்சி சூரியன் போக்கிற்கு எதிர்திசையில் (வலஞ் சுழியாக) உள்ளதெனவும் முடிவுகட்டினார். சூரியன் மேடமுதற் புள்ளியிலிருந்து புறப்பட்டுச் சுற்றும்போது, மேடமுதற் புள்ளி அதற்கு எதிராக நகர்ந்து சூரியன் ஒரு சுற்று விண்மீனிடையே வருமுன்னர் அதை எதிர் கொள்கிறது. இதனால் பருவங்கள் வர வேண்டிய காலத்திற்குச் சற்று முன்னரே (Plecede their due time) தோன்றிக்கொண்டு போகிறது. இவ்வாறு பருவங்கள் முன்னடை வதை 'சம இரவுக் கால முன்னிகழ்ச்சி' (Precession of the Equinoxes) எனக் கூறுகிறோம். இதற்குக் காரணம் சம இரவுப் புள்ளிகளின் பின்னகர்ச்சியே ஆகும்.

γ, ♎ வலஞ்சுழியாகச் சூரியன் பாதையின் மேல் நகரும் வேகம் மிகக் குறைவே. இது ஆண்டிற்கு 50″·26 தான் (அ·து) 72 ஆண்டுகளில் 1° தான்.

ஆகவே மேடமுதற் புள்ளி (first point of Aries) சூரியன் பாதையில் ஒரு சுற்றுச் சுற்ற எடுத்துக்கொள்ளும் காலம்

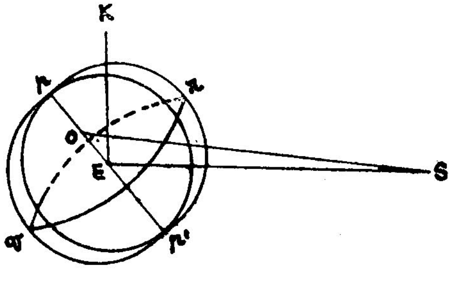
$$= \frac{360 \times 60 \times 60''}{50''\cdot 26} = 26000 \text{ ஆண்டுகள் (ஏறக்குறைய)}$$

எனவே ஏறக்குறைய 26000 ஆண்டில் γ சூரியப் பாதையில் ஒரு முழுச்சுற்றுச் சுற்றிவிடும்.

2. சம இரவுப் புள்ளிகளின் பின்னகர்ச்சிக்குக் காரணம் (Causes of the Precession of the equinoxes)

பூமி ஒரு சரியான கோளமாக இல்லை. அது ஒரு நீள்வட்டக் கோள உருவம் பெற்றிருக்கிறது. அதாவது பூமி நடுவரைப் பகுதிகளில் சற்றுப் பெருத்தும் துருவப்பகுதிகளில் சற்றுத் தட்டையாகவும் இருக்கிறது.

பூமியைச் சூரியனும், சந்திரனும், மற்றக் கோள்களும் ஈர்க்கின்றன. சூரியன் சந்திரனைவிடப் பன்மடங்கு பெரிதெனினும், சூரியனைவிடச் சந்திரன் பூமிக்கு மிக அருகில் இருப்பதால், பூமியின் பருத்த பக்கத்தைச் சூரியன் ஈர்க்கும் விசையைப் போல் சந்திரனுடைய ஈர்ப்பு விசை 7 : 3 விகிதத்தில் இருப்பதாகக் கணக்கிடப்பட்டிருக்கிறது இவ்விரு ஈர்ப்பு சக்திகளும் சேர்ந்து உண்டாக்கும் விளைவு ஞாயிறு திங்கள் கூட்டு நகர்ச்சி (Luni Solar Precession) எனப்படும். இதன் அளவு 50″·35 ஆண்டுக்குக் கோள்களின் விளைவாக ஏற்படும் நகர்ச்சி கோள் விளைவு நகர்ச்சி (Planetary precession) எனப்படும். இது எதிர் திசையில் செயல்படுகிறது. இதன் அளவு ஆண்டுக்கு 0″·11 ஆகும். சூரியன், சந்திரன், கோள்கள் யாவும் ஒன்று சேர்ந்து பூமியை ஈர்ப்பதனால் ஏற்படும் நகர்ச்சி பொது நகர்ச்சி (general precession) எனப்படும். இதன் அளவு (50″·35 — 0″·11) = 50″·34 ஆகும்.



படம் 20-1

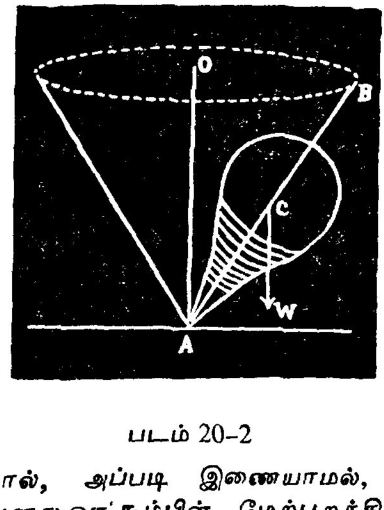
படத்தில், pp' என்பது பூமியின் துருவச் சுழல் அச்சு. qr என்பது பூமியின் நடுவரை. E பூமியின் மையம். EK என்பது

சூரியனின் பாதைத் தளத்திற்கு E வழியாகச் செங்குத்துக்கோடு. ஆகவே pEk = ω (அதாவது நடுவரைக்கும் சூரியப் பாதைக்கு முள்ள சாய்வு) பூமியின் அச்சு pp'ஐ விட்டமாகக்கொண்டு ஒரு கோளம் வரைக.

பூமியின் மீதுள்ள மொத்த ஈர்ப்பு சக்தியை மூன்று பிரிவு களாகக் கொள்ளலாம். (i) pp'ஐ விட்டமாகக்கொண்ட சரியான கோளப்பகுதியை ஈர்க்கும் சக்தி; (ii) prp' என்ற பகுதியை ஈர்க்கும் சக்தி; (iii) pqp' என்ற பகுதியை ஈர்க்கும் சக்தி.

சரியான கோளப் பகுதி சமச்சீருடையதால் அப்பகுதியின் மீதுள்ள ஈர்க்கும் விசை பூமியின் மையம் வழியாகச் செல்கிறது. இரண்டாவது பகுதி prp' மூன்றாவது பகுதியைவிட ஈர்க்கும் சக்திக்கு அண்மையில் இருப்பதால் அதை ஈர்க்கும் விசை மூன்றாவது விசையைவிட அதிகமிருக்கும் (தூர இருபடி எதிர்விகிதம்). எனவே இம்மூன்று ஈர்ப்பு விசைகளின் விளைவான ஈர்ப்புவிசை (Resultant force) பூமியின் மையம் E வழியாகச் செல்லாமல் அதற்குச் சற்றுக் கீழோ அல்லது மேலோ O என்ற ஒரு புள்ளி வழியே செல்லும்.

இந்த விளைவு ஈர்ப்பு விசை காரணமாக pp'என்ற துருவ அச்சு EKயுடன் இணையுமாறு இழுக்கப்படுகிறது. ஆனால், பூமி தன்னச்சான pp'ஐ மையங்கொண்டு வேகமாகச் சுழன்று



படம் 20-2

கொண்டிருப்பதால், அப்படி இணையாமல், EKஐ அச்சாக கொண்டு, Ep ஆனது ஒரு கூம்பின் மேற்புறத்தில் சுழலுகிறது. E ஆனது இச்கூம்பின் உச்சியாகும். $\angle pEK$ 23° 28′ = ω

மேலே கூறப்பட்ட pp'ன் சுழற்சி ஒரு பம்பரத்தின் இயக்கத்தைக் கொண்டு விளக்கலாம் ஒரு பம்பரம் வேகமாகச் சுழன்று கொண்டிருக்கும்போது அதன் எடை W காரணமாகப் பூமியை நோக்கி இழுக்கப்படுகிறது. எனினும் அதன் சுழற்சி காரணமாகப் பம்பரம் கீழே விழாமல் அப்பம்பரத்தின் அச்சு AC ஆனது, தரைக்குச் செங்குத்தான AOஐ அச்சாகக்கொண்டு ஒரு கூம்பின் வடிவில் சுழல்வதைக் காண்கிறோம்.

இதன் காரணமாகச் சூரியப்பாதையின் துருவத்தை மையமாகக் கொண்டு வானநடுவரையின் துருவம் ஒரு வட்டப் பாதையில் இயங்குகிறது.

பூமி தன் அச்சில் சுழலும்போது அச்சு ஒரே திசையை நோக்கி நிற்கிறதென முன்பு கூறினோம். இதைச் சற்று திருத்திக் கூறவேண்டும். தூங்கும் பம்பரம் போலல்லாமல் சற்றே தலையை மெதுவாகச் சுற்றி ஆடும் பம்பரம்போல பூமி அச்சில் சுழல்கிறது. அதனால் அச்சு வான வெளியில் 26000 வருடத்தில் தலையை ஒரு சுற்றுச் சுற்றுகிறது இப்படி வான நடுவரையின் துருவம் சூரியப்பாதையின் துருவத்தைச் சுற்றும்போது வான நடுவரை சூரியப்பாதை மீது அதன் சாய்வு மாறாமல் நகருகிறது.

நாம் மேலே கூறியபடி விண்மீன்களின் வான நெட்டாங்கு ஒவ்வோர் ஆண்டும் 50″·24 அளவு அதிகமாகிறது; ஆனால் அவற்றின் அகலாங்கு மாறுவதில்லை ஆனால் அவற்றின் வல ஏற்றமும், நடுவரை விலக்கமும் மெல்ல மெல்ல மாறுகிறது.

இதனால் வானத்தில் சூரியப்பாதை நிலையானதென்றும், ஆனால் வான நடுவரை அப்பாதையின் மீது மெல்ல நகருகின்றதெனவும், இதன் காரணமாக இவ்வட்டங்களின் வெட்டுப் புள்ளிகளான γ, ♎ என்பவை நாம் விவரித்தபடி நகருகிறது என்பதும் தெளிவாகிறது.

3. சம இரவுப் புள்ளிகளின் நகர்ச்சி விளைவுகள் :

1. சூரியன் மேட முதற்புள்ளி γ விலிருந்து புறப்பட்டு மீண்டும் அப்புள்ளியை அடையும்வரையுள்ள காலம் ஒரு பருவ ஆண்டு (Tropical year) எனக் கூறப்படுகிறது. ஆனால் மேற்கூறியபடி γ பின்னோக்கி ஆண்டுக்கு 50″·26 நகருவதால் சூரியன் முன் கூட்டியே அப்புள்ளியை அடைந்துவிடுகிறது. இவ்வாறாகப் பருவ ஆண்டின் காலம் குறைகிறது. ஆனால் இக்குறைவு 20நிமிட அளவுதான். மேலும் இது திரண்டு வருவதன்று (not cumulative).

2. சம இரவுப் புள்ளிகள் நகர்ச்சி காரணமாக அவைகளை இணைக்கும் நேர்கோடான $\gamma \simeq$ ஆண்டுக்கு 50″·26 வலஞ் சுழியாகச் சுற்றுகிறது. மேலும் கதிரவன் நீள்வட்டப் பாதையின் வியக்க கோடும் (Apse line) ஆண்டுக்கு 11″·25 முன்னேறிக் கொண்டு வருகிறது. ஆகவே ஓராண்டில் சம இரவுப் புள்ளிகளை இணைக்கும் கோடு, கவியக் கோட்டிலிருந்து 50″·26 + 11″·25 = 61″·51 விலகிச் செல்கிறது. ஆகவே கவியக் கோட்டை யொட்டி $\gamma \simeq$ என்ற கோடு 360° சுற்றிவர எடுத்துக் கொள்ளும்

$$\text{காலம்} = \frac{360 \times 60 \times 60}{61 \cdot 51} = 21070 \text{ ஆண்டுகளாகும்.}$$

எனவே 10535 ஆண்டுகள் கழித்துத் தற்போதுள்ள கோடைக்கால அளவைப்போல் குளிர்கால அளவும், குளிர்கால அளவைப்போல் கோடைக்கால அளவும் இருக்கும்.

3. வான நடுவரையும், சூரியப்பாதையும் வெட்டும் புள்ளி களுக்கு மேட, துலாம் முதற்புள்ளிகள் (first point of Aries, first point of Libra) எனப் பெயரிடப்பட்டன. இவை நிலை யான புள்ளிகள் எனக் கருதப்பட்ட காலம் அது. இவைகள் பெயரிடப்பட்டபோது இவை மேட, துலாம் இராசி மண்டலங் களில் இருந்த காரணத்தாலும் இவை அந்த இராசிகளிலேயே எப்போதும் காணப்படும் என்ற தவறான எண்ணத்தாலும் இப் பெயர்கள் தரப்பட்டன. ஆனால் இவைகளின் நகர்ச்சி பின்னரே அறியப்பட்டது. இப்போது இவை நகர்ந்து முறையே மீனம் (Pisces), கன்னி (Virgo) இராசி மண்டலங்களில் இருக்கின்றன. எனினும் அவற்றிற்கு முன்பு இட்டபெயர்கள் மாற்றப்படவில்லை என்பதை அறியவேண்டும்.

இவை காலப்போக்கில், மெல்ல மெல்ல நகர்ந்து ஓர் இராசி மண்டலத்திலிருந்து அடுத்த மண்டலத்திற்கு நகர்ந்து செல்லும். இந்நகர்ச்சி, சூரியப் பாதையிலேயே இருக்கும். இவ்வாறாக எல்லா இராசி மண்டலங்களையும் கடந்து மீண்டும் மேட, துலாம் முதற்புள்ளிகளுக்கு வந்தடையும். இதற்குரிய காலம் 26000 ஆண்டுகள் என முன்பே கணித்துக் கூறியுள்ளோம்.

ஓர் இராசி மண்டலத்திலிருந்து அடுத்த இராசி மண்டலத் திற்குச் செல்ல காலம் $= \frac{26000}{12} = 2166$ ஆண்டுகளாகும்.

4. சூரியப் பாதை மீதுள்ள மேடமுதற் புள்ளி 50″·26 பின் னோக்கி நகர்வதால், எல்லா விண்மீன்களின் நெட்டாங்குகளும்

இதே அளவு, ஒவ்வோர் ஆண்டும் அதிகரிக்கும். சூரியப்பாதை தளம் மாறாமல் இருப்பதால், விண்மீன்களின் அகலாங்குகள் மாறுவதில்லை.

5. பூமியின் சுழலச்சு pp'ஐ இருபுறம் நீட்டினால், அவ்வச்சு வானக் கோளத்தை P, P' என்ற இருபுள்ளிகளில் வெட்டும். ஆனால் p, p'ன் நகர்ச்சி காரணமாக வானக் கோளத் துருவப் புள்ளிகள் P, P' இரண்டும் சூரியன் பாதைத் துருவங்கள் K, K'ஐச் சுற்றி ω கோண அரை விட்டமுள்ள வட்டங்களை வரைகின்றன. ஆகையால் துருவப்புள்ளிகள் நிலைத்தவையல்ல. துருவப்புள்ளிகளை வைத்துதான் துருவ விண்மீன் குறிக்கப்படுகிறது. துருவங்களுக்கு அருகில் உள்ள ஒளிமிக்க விண்மீன் துருவ விண்மீன் எனப்படும். சில ஆயிரம் ஆண்டுகள் கழித்துப் பார்த்தால், இப்பொழுதிருக்கும் துருவ விண்மீனிடமிருந்து துருவப்புள்ளியானது சுழற்சி காரணமாக அதிக தூரம் சென்றிருக்கும். எனவே அந்தத் துருவ விண்மீனைக் கொண்டு நாம் துருவப் புள்ளியை நிர்ணயிக்கமுடியாது. அப்போது துருவப் புள்ளிக்கு அருகில் உள்ள ஒளிமிக்க விண்மீனைத் துருவ விண்மீன் என்போம். இன்னும் 10000 ஆண்டுகளில் α லைரா (Lyra) என்னும் விண்மீன் வானக் கோளம் சுழலும் அச்சு முனைக்கு 5° அளவில் காணப்படும். அப்போது அதை நாம் துருவ நட்சத்திரம் என்று அழைப்போம். இப்போது நாம் குறிப்பிடும் துருவ நட்சத்திரம் நிலையாகத் தோன்றுவதுபோல் α லைரா அப்போது, வானக் கோளத்தின் தினசரி இயக்கத்தின்போது, நிலையாகக் காணப்படும். இன்று நாம் துருவ மீன் என அழைக்கும் விண்மீன் 10000 ஆண்டுகளுக்குப்பின் அப்போதைய துருவ மீனிலிருந்து ஏறக்குறைய 36° அகன்றிருக்கும்.

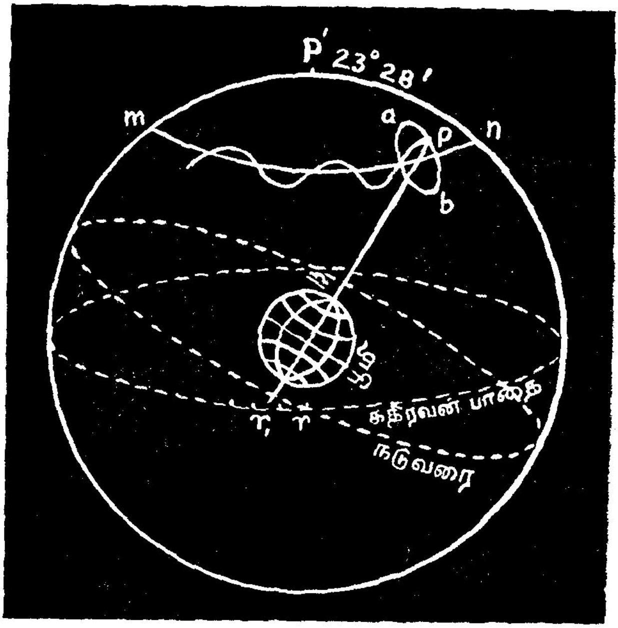
4. அச்சசைவு (Nutation)

சந்திரனின் பாதை சூரியனின் பாதைக்கு 5° 9′ சாய்ந்திருக்கிறது. மேலும் சூரியனின் இயக்கப் பாதையைச் சந்திரனின் இயக்கப்பாதை கடக்கும் இரு கணுக்களும் (nodes) நிலைத்தவையல்ல. இவை ஆண்டிற்கு 19° கோண வேகத்தில் வலஞ்சுழியாகச் சூரியனின் பாதையில் நகர்ந்து செல்கின்றன. அக்கணுக்களின் காலவட்டம் 18·6 ஆண்டுகள். இக்காலவட்டத்தில், சந்திரனின் பாதை தளத்திற்கும் நடுவரை தளத்திற்குமுள்ள சாய்வு $(23° 27' + 5° 9') = 28° 36'$ விருந்து $(23° 27' - 5° 9') = 18° 18''$ வரை மாறுகிறது.

நாம் முன்பு சந்திரனின் ஈர்ப்பு விசை, சூரியனின் ஈர்ப்பு விசையைவிட 7 : 3 விகிதத்தில் அதிகமாக இருப்பதை மாத்திரம் கணக்கில் எடுத்துக்கொண்டு சம இரவுப் புள்ளிகளின் பின்னகர்ச்சியை ஆராய்ந்தோம்.

சந்திரனின் பாதைச் சாய்வு காரணமாகவும், அச் சாய்விலே கால வட்டத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் காரணமாகவும், சந்திரனின் ஈர்ப்பு விசையின் விளைவு ஒரே மாதிரியாக இருப்ப தில்லை.

இவ்வாறான மாறு விசைகளின் விளைவாக வான நடுவரை யின் துருவம் P ஆனது கதிரவன் பாதையின் துருவமாகிய P'ஐச் சுற்றி ஒரு சரியான சிறுவட்டமாக (நாம் முன்பு கொண்டமாதிரி)



படம் 20-3

அமையாமல் அதைச் சுற்றிப் படத்தில் காட்டியபடி பல சிறு நீள் வட்டங்களுடன் கொண்ட ஒரு பாதையில் அமைகிறது.

ஆகவே துருவ அச்சு சூரியப் பாதையின் அச்சை அணுகியும் பிரிந்து சென்றும் அதைச் சுற்றி ஊசலாடுகிறது. இதுவே **அச்சசைவு அல்லது பூமியின் சுழலச்சின் சிற்றூசலாட்டம்** (Nutation) எனப்படும்.

பூமியின் சுழலச்சின் துருவமுனை அலைபோல் வளைந்து வளைந்து, சூரியப்பாதையின் துருவத்தைச் சுற்றுவதைப் படத்தில் காணலாம்.

முன்பு நாம் பூமியின் சுழலச்சின் துருவமுனை *P* ஆனது சூரியப் பாதையின் அச்சின் துருவமுனை *P*′ ஐச் சுற்றி ஒரு சிறு வட்டத்தில் இயங்குகிறது எனக் கூறினோம். அந்த வட்டப் பாதையில் *P* என்ற ஒரு புள்ளியைச் சுற்றி நெட்டச்சு 18·5″ அளவும் சிற்றச்சு 13·7″ அளவும் கொண்ட ஒருசிறிய நீள்வட்டம் வரைக. நெட்டச்சு *P*′ ஐ நோக்கியும், சிற்றச்சு சிறுவட்டம் *mn* திசையிலும் இருக்கும் வண்ணம் நீள்வட்டம் வரையப்படுகிறது. சுழலச்சின் துருவம் *P* ஆனது இந்த நீள்வட்டப் பாதையில் இயங்கிக்கொண்டே *mn* என்ற வட்டப் பாதையில் ஊர்ந்து செல்கிறது. ஒரு நீள்வட்டப் பாதையைச் சுற்றிவரக் காலவட்டம் 18·6 ஆண்டுகள்.

பூமியின் துருவ அச்சின் ஊசலாட்டத்தின் விளைவு

(i) வான நடுவரைக்கு, சூரியப்பாதையின் சாய்வு 23° 27′ 21″-லிருந்து 23° 27′ 30″ காலவட்ட ஒழுங்குடைய மாறுதல் ஏற்படுகிறது.

(ii) 19 ஆண்டுகளில் மேடமுதற்புள்ளி அதன் சராசரி நிலை பற்றி (mean position) சூரியப்பாதையில் 34·2″ அளவு முன்னும் பின்னும் ஊசலாடிக்கொண்டு சூரியப்பாதையில் ஊர்ந்து செல்கிறது.

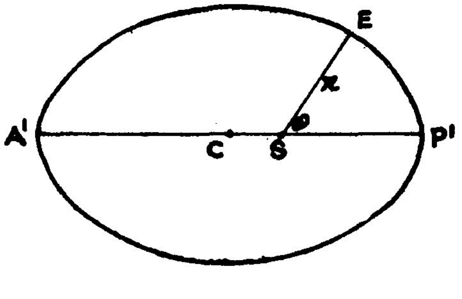
21. கெப்ளர் விதிகள்

(KEPLER'S LAWS)

1. கெப்ளரின் 3 விதிகளையும் நாம் ஏற்கெனவே விளக்கியுள்ளோம். இவ் விதிகளில் பூமியைப் பொறுத்தமட்டில், முதலிரண்டு விதிகளையும் நாம் சோதனை செய்து நிறுவக்கூடும்.

பூமி சூரியனைச் சுற்றி வரும் உண்மையான இயக்கத்தின் விளைவாக, சூரியன் பூமியை ஒரு குவியத்திற் கொண்ட ஒரு நீள்வட்டப் பாதையில் பூமியைச் சுற்றி வருவது போன்ற தோற்றக் காட்சி ஏற்படுகிறது.

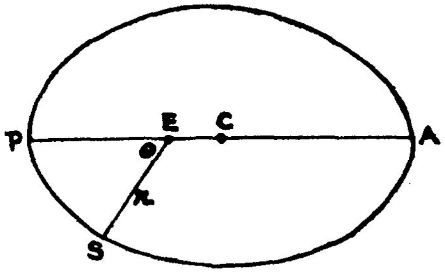
படம் (i) பூமியின் உண்மையான இயக்கப் பாதையைக் காட்டுகிறது. S என்பது நீள்வட்டப் பாதையின் குவியம் (focus). சூரியனை இக் குவியத்தில் கொண்டு பூமி, சூரியனைச் சுற்றி வருகிறது. இப் பாதையில் P' என்ற நிலையில் பூமி சூரியனுக்கு மிக அருகிலும், மற்றொரு நிலை A'-ல் அது சூரியனிலிருந்து அதிக



படம் 21-1 (i)

தூரத்திலும் உள்ளது. இவ்விரு நிலைகளையும் சூரியனிலிருந்து பூமியின் அண்மைநிலை (Perihelion) என்றும், பூமியின் சேய்மை நிலை (Aphelion) என்றும் கூறுகிறோம்.

இப்பொழுது E என்ற புள்ளியை எடுத்துக்கொண்டு, ஆரைத் திசையி (Radius vector) ES-ஐ படம் (i) உள்ள ES-க்கு இணையாகவும் சமமாகவும் வரைக. இங்கு S, சூரியனின் நிலை



படம் 21–1 (ii)

யைக் குறிக்கும். இவ்வாறாகப் படம் (i)-ல் பூமியின் ஒவ்வொரு நிலைக்கும் ஏற்றதாக உள்ள சூரியனின் நிலையை நாம் பெற முடியும். சூரியனைக் குறிக்கும் இந்நிலைகள் எல்லாம் E-ஐ ஒரு குவியத்தில் கொண்ட ஒரு நீள்வட்டத்தில் அமையும். இந் நிலைகளைக் கொண்டதுதான் படம் (ii). ஆகவே படம் (i)-க்கு இணையானது படம் (ii) ஆகும். இது சூரியனின் தோற்றப் பாதையைக் காண்பிக்கிறது.

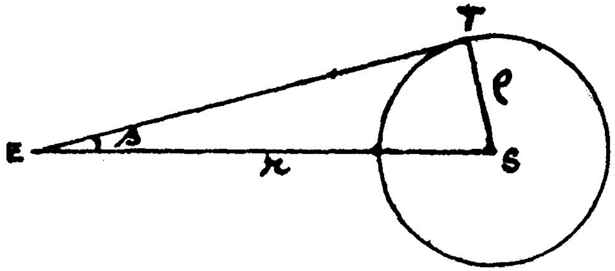
படம் (i)-ல் P', A' என்ற அண்மை, சேய்மை நிலைகளுக்கு இணையாக P, A என்ற இரு இடங்கள் இருக்கின்றன. இவைகளை முறையே பூமியிலிருந்து சூரியனின் அண்மை நிலை (Perigee) P என்றும், சேய்மைநிலை (Apogee) A என்றும் குறிப்பிடுகிறோம்.

கவியங்கள், கவியக்கோடுகள் : படம் (i)-ல் P', A' இரண்டும், படம் (ii)-ல் P, A இரண்டும் அப் பாதைகளின் கவியங்கள் (apses or apsides) எனப்படும். நேர்கோடு $P'A'$-ம், PA-யும் அப் பாதைகளின் கவியக்கோடு (apsidal line) எனவும், நீளம் $P'A'$-ம் PA-யும் கவிய தூரம் எனவும் கூறப்படும்.

2. சூரியனின் கோணவிட்டம் (Anguler Diameter of Sun)

ஒரு பார்வையாளன் கண்ணில் சூரியனின் விட்டம் உண்டாக்கும் கோணம் சூரியனின் கோண விட்டம் (Angular Diameter) எனப்படும்.

சூரியனது அரைவிட்டம் ρ எனவும், பூமியிலிருந்து சூரியனின் தூரம் r எனவும் கொள்வோம்.



படம் 21-2

சூரியனின் அரை விட்டம் ρ ஆனது பார்வையாளன் கண்ணிடத்து ஏற்படுத்தும் $\angle SET$ என்ற கோணம், சூரியனின் கோண அரைவிட்டம் எனப்படும்.

இனிப் படத்திலிருந்து, $\tan s = \frac{\rho}{r} = \frac{432000}{93000000} = \cdot 004645$

இதனால், $\tan s$ மிகச் சிறியது என்பது விளங்கும்.

ஆகவே, $\tan s \approx s$ (ஆரையன் அளவில்)

$\therefore s = \cdot 004645$ ஆரையன்

$= 16$ கலைகள் (minutes of arc).

குறிப்பு : 'டாலண்ட்' என்பவர் செய்த 'ஹீலியா மீட்டர்' என்ற கருவியால், சூரியனின் கோண விட்டத்தை அளக்கலாம்.

இனிச் சூரியன் அண்மை நிலையிலும் (P), சேய்மைநிலையிலும் (A) உள்ளபோது அதன் கோண அரை விட்டங்கள் முறையே s_1, s_2 எனக் கொள்வோம். பூமியிலிருந்து அதன் தூரங்கள் முறையே r_1, r_2 ஆகுக.

எனில், $s_1 = \frac{\rho}{r_1}; s_2 = \frac{\rho}{r_2}$

இதிலிருந்து, பொதுவாக, $s \propto \frac{1}{r}$ எனப் பெறப்படுகிறது.

r அதிகமாகும்போது, s குறையும்; r குறைவாக இருக்கும் போது, s அதிகமாகும்.

மேலும், $\frac{s_1}{s_2} = \frac{r_2}{r_1}$

சூரியனின் நீள்வட்டத் தோற்றப் பாதையின், மையத் தொலைத்தகவு (eccentricity) e எனில்

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{EA}{EP} = \frac{a\,(1 + e)}{a\,(1 - e)} = \frac{1 + e}{1 - e}$$

ஆகவே $e = \frac{s_1 - s_2}{s_1 + s_2}$

இனி, பூமியின் கோண அரைவிட்டத்தைப் பதிவு செய்துவரின் ஜனவரி 3ஆம் தேதி அளவில் s-ன் அளவு தன் மீப்பெரு மதிப்பு s_1-ஐப் பெறும். ஜூலை 3ஆம் தேதி அளவில் தன் மீச்சிறு மதிப்பு s_2-ஐப் பெறும். அளவுப் பதிவுப்படி, சூரியனின் கோண விட்டம் ஜனவரி 3ஆம் தேதி 32′ 36″ என்றும், ஜூலை 3ஆம் தேதி 31′ 32″ எனவும் இருக்கிறது. இதிலிருந்து சூரியனின் தோற்றப்பாதையின் மையத் தொலைத்தகவு e-ஐக் கணக்கிடலாம்.

$$e = \frac{s_1 - s_2}{s_1 + s_2} = \frac{\frac{1}{2}\,(32'\,36'' - 31'\,32'')}{\frac{1}{2}\,(32'\,36'' + 31'\,32'')} = \frac{8}{481} = \frac{1}{60}$$

(தோராயமாக)

குறிப்பு : s-ன் அளவு மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறும்போது, சூரியன் அண்மை நிலையில் இருப்பான். s-ன் அளவு மீச்சிறு மதிப்பைப் பெறும்போது சூரியன் சேய்மைநிலையில் இருப்பான் என்பதை அறிக.

3. சூரியனின் அண்மைநிலை நெட்டாங்கைக் கணக்கிடுதல்

முதலில், பொதுவாக, ஏதேனும் ஒரு நாளில் சூரியனின் நெட்டாங்கைக் கணிக்கும் முறையை விளக்குவோம்.

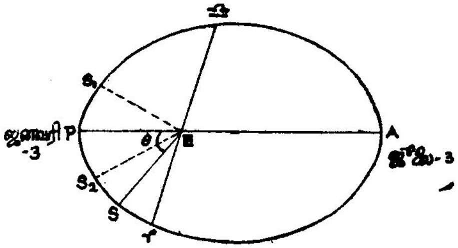
சூரியன் உச்சி கடக்கும்போது, அதன் உச்சி தூரம் z-ஐ அளக்க. காட்சியிடத்தின் அகலாங்கு ϕ எனில், $\phi = z + \delta$ என்ற வாய்பாடு கொண்டு, கதிரவனின் நடுவரை விலக்கம் δ-வைக் கணிக்கலாம்

இனிக் கதிரவனின் வான நெட்டாங்கு ⊙ எனின்,

$$\sin \odot = \left(\frac{\sin \delta}{\sin \omega} \right)$$ என்னும் பலனில் இருந்து,

⊙-ன் மதிப்பை நாம் அறியலாம்.

இனி, டிசம்பர் மாதம் கடைசியில் ஏதேனும் ஒரு நாள் நண்பகலில் சூரியனின் கோண அரைவிட்டம் பதிவு செய்க. அன்று சூரியனின் நிலை படத்தில் காட்டியபடி, S_1 ஆகுக. அன்று



படம் 21-3

பதிவான சூரியனின் கோண அரைவிட்டம் s_1 என்க. பின்பு தொடர்ந்து தினந்தோறும் அதனுடைய நண்பகல் கோண அரை விட்டங்களைப் பதிவு செய்துகொண்டே வருக. ஜனவரி 3ஆம் தேதிக்குப் பின் அண்மையில் ஒரு நாள் சூரியனின் கோண அரைவிட்டம் மீண்டும் அதே s_1 மதிப்புப் பெறும். இந்த இரு நாள்களிலும் சூரியனின் வான நெட்டாங்கை மேற்கூறிய முறையில் கணக்கிடுக. இவை முறையே $\odot_1$, $\odot_2$ எனின்,

சூரியன் அண்மை நிலை *P*-யில் இருக்கும்போது, அதன் வான நெட்டாங்கு

$$= \frac{\odot_1 + \odot_2}{2}$$

என எளிதில் காணலாம், இதை *K* எனக் குறிப்போம்.

குறிப்பு : சூரியனின் அண்மைநிலை வான நெட்டாங்கு ஏறக்குறைய 283° எனக் கொள்ளலாம்.

4. கெப்ளரின் முதல் விதியைச் சோதித்தல்

முதல் விதி கூறுவது : ஒவ்வொரு கோளும் சூரியனை ஒரு குவியமாகக் (focus) கொண்டு ஒரு நீள்வட்டப் பாதையில் இயங்குகிறது.

இதைப் பின்வருமாறு சோதிக்கலாம்.

ஏதேனும் ஒரு நாள் சூரியனின் நிலை S ஆகட்டும்.

$\angle SEP = \theta$ என்க.

படத்திலிருந்து,

$$\theta = \angle SEP = \angle \gamma EP - \angle \gamma ES = K - \odot.$$

தினமும், சூரியனின் நெட்டாங்கையும், அதன் கோண விட்டத்தையும் அளந்து பதிவு செய்க. இதிலிருந்து $(K \sim \odot) = \theta$-ன் மதிப்பை ஒவ்வொரு நாளுக்கும் அறியலாம்.

இப்பொழுது, $\dfrac{1 + e \cos \theta}{s}$ என்னும் கோவை பெறும் மதிப்பை இவ்வாறாகத் தினமும் கணக்கிட்டுப் பதிவு செய்யவும்.

இதன் மதிப்புகள் ஏறத்தாழ ஒரு மாறிலியாக இருப்பதைக் காணலாம்.

மற்றும், $s \propto \dfrac{1}{r}$ ஆதலின், $r\,(1 + e \cos \theta)$ ஒரு மாறிலியாகும்.

இங்கு r என்பது அன்றைய தினம் பூமியிலிருந்து சூரியனின் தூரமாகும்.

$r\,(1 + e \cos \theta) = l$ என்க.

$$\therefore \quad \frac{l}{r} = 1 + e \cos \theta$$

இது ஒரு நீள்வட்டத்தின் கோணதூரச் சமன்பாடாகும் (Polar equation).

ஆகவே சூரியனின் தோற்றப்பாதை பூமியை ஒரு குவியத்தில் கொண்ட ஒரு நீள்வட்டம் எனவும், இதனால் பூமியின் இயங்கு வழி சூரியனை ஒரு குவியத்தில் கொண்ட ஒரு நீள்வட்டம் ஆகும் எனவும் நிறுவப்படுகிறது.

எனவே கெப்ளரின் முதல் விதி சரியென நிறுவப்படுகிறது.

5. கெப்ளரின் இரண்டாவது விதி சரியா எனச் சோதித்தல்

கீழ்க்காணும் பட்டியலில் உள்ள அளவுகளைத் தினமும் பதிவு செய்க.

நாள்	சூரியனின் கோண அரை விட்டம் $= s$	நண்பகலில் சூரியனின் நெட்டாங்கு $= \odot$	தினசரி நெட்டாங்கு வேறுபாடு $\odot_1 - \odot_2 = \Delta\odot$	$\frac{\Delta\odot}{s^2}$

இப்பொழுது $\frac{\Delta\odot}{s^2}$ என்ற நிரலிலுள்ள (column) மதிப்புகள் ஏறக்குறைய ஒரு மாறிலியாக இருப்பதைக் காணலாம்.

(அ-து) $\Delta\odot \propto s^2$

,, $\Delta\odot \propto \frac{1}{r^2}$

,, $r^2 \Delta\odot$ ஒரு மாறிலியாகும்.

இனி, $\odot - K = \theta$ என அறிவோம்.

ஆகவே $\Delta\odot = \Delta\theta$ [K, ஒரு மாறிலியாதலால்]

$\therefore r^2 \Delta\theta$ ஒரு மாறிலியாகும்.

அது $\frac{1}{2} r^2 \Delta\theta$ ஒரு மாறிலியாகும்.

இப்பொழுது $\frac{1}{2} r^2 \Delta\theta$ என்பது ES என்னும் ஆரைத் திசையி (Radius vector) ஒரு நாளில் வரையும் பரப்பாகும். இது ஒரு மாறிலி என நிறுவப்பட்டது.

எனவே, பூமி, சூரியனைச் சுற்றிவரும்போது, சூரியனையும், பூமியையும் சேர்க்கும் கோடு சமநேரத்தில் சம பரப்பைக் கடக்கிறது எனப் பெறப்படுகிறது.

ஆகவே, கெப்ளரின் இரண்டாம் விதி பூமியைப் பொறுத்த மட்டில் சரியென நிறுவப்படுகிறது.

6. கெப்ளரின் மூன்றாவது விதியின் விளக்கம்

இரு கோள்களின் அரைப் பேரச்சுகள் a_1, a_2 எனவும், அக் கோள்கள் சூரியனைச் சுற்றிவர எடுத்துக்கொள்ளும் காலம் T_1, T_2 எனவும் கொண்டால், மூன்றாவது விதியின்படி,

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}.$$

பூமியைத் தவிர மற்றொரு கோளின் காலவட்டம் நமக்குத் தெரிந்தால், இவ் விதியின் உண்மையைச் சரிபார்க்கலாம்.

7. கெப்ளரின் விதிகளிலிருந்து நியூட்டன் கண்ட முடிவுகள்

முதல் விதியின்படி, ஒரு கோளின் இயங்குபாதை சூரியனை ஒரு குவியத்தில் கொண்ட ஒரு நீள்வட்டமாகும்.

அதன் சமன்பாடு $\frac{l}{r} = 1 + e \cos \theta$ எனக் கொள்வோம்.

இரண்டாவது விதியின்படி, ஒரு கோள் சூரியனைச் சுற்றி வரும்போது சூரியனையும் கோளையும் இணைக்கும் நேர்கோடு சமநேரத்தில் சமபரப்பைக் கடக்கும்.

இப்பொழுது பரப்பு வேகம் $= \frac{1}{2} r^2 \frac{d\theta}{dt}$ ஒரு மாறிலி.

(அ-து) $r^2 \frac{d\theta}{dt}$ ஒரு மாறிலி ; அதனை h எனக் கொள்வோம்.

இப்பொழுது ES-க்குச் செங்குத்துத் திசையில்

முடுக்கம் $= \frac{1}{r} \frac{d}{dt}\left(r^2 \frac{d\theta}{dt}\right)$ ஆகும்.

ஆனால் $r^2 \frac{d\theta}{dt}$ ஒரு மாறிலி ஆதலால், ES-க்குச் செங்குத்துத் திசையில் முடுக்கம் $= 0$.

ஆரைத் திசையில் முடுக்கம்

$$= \frac{d^2 r}{dt^2} - r\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2$$

இம் முடுக்கம் மட்டுமே அக் கோளை இயங்கச் செய்கிறது எனப் பெறப்படுகிறது.

இப்போது,

$$\frac{l}{r} = 1 + e \cos \theta$$

$$\therefore -\frac{l}{r^2} \quad \frac{dr}{dt} = -e \sin \theta \frac{d\theta}{dt}$$

$$\therefore \frac{dr}{dt} = \frac{e \sin \theta}{l} \cdot r^2 \frac{d\theta}{dt} = e \frac{\sin \theta}{l} h$$

$$\frac{d^2r}{dt^2} = \frac{eh}{l} \cos \theta \frac{d\theta}{dt}$$

$$= \frac{eh}{l} \cos \theta \cdot \frac{h}{r^2} \quad \left[\because \frac{d\theta}{dt} = \frac{h}{r^2} \right]$$

$$= \frac{eh^2}{lr^2} \cos \theta$$

∴ ஆரை முடுக்கம்

$$= \frac{d^2r}{dt^2} - r \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2$$

$$= \frac{eh^2}{lr^2} \cos \theta - r \frac{h^2}{r^4} = \frac{eh^2}{lr^2} \cos \theta - \frac{h^2}{r^3}$$

$$= \frac{h^2}{lr^2} \left(e \cos \theta - \frac{l}{r} \right)$$

$$= \frac{h^2}{lr^2} (-1) = -\frac{h^2}{lr^2} = -\frac{\mu}{r^2}.$$

இங்கு $\frac{h^2}{l} = \mu$ ஒரு மாறிலியாகும்; ஏனெனில், ஒரு குறிப்பிட்ட கோளைப் பொறுத்தமட்டில் h^2-ம், l-ம் மாறிலிகள்.

ஆரை முடுக்கம் ஒரு குறை மதிப்பைப் பெறுவதால், அதன் திசை கோளிலிருந்து சூரியனை நோக்கிய திசையில் உள்ளதெனத் தெரிகிறது. மேலும் அம் முடுக்கம் $\propto \frac{1}{r^2}$ ஆக இருப்பதும் தெரிகிறது.

இனி மூன்றாம் விதிவழியாக நியூட்டன் பெற்ற முடிவைப் பார்ப்போம்.

இரு கோள்கள் முறையே $a_1, b_1 ; a_2, b_2$ என்ற அரை நெட்டச்சு, சிற்றச்சுகளையும், l_1, l_2 என்ற அரைச் செவ்வகலங்களையும் (semi—latus rectum), T_1, T_2 என்ற கால வட்டங்களையும் கொண்டிருக்கட்டும்.

நீள்வட்டத்தின் பரப்பு $= \pi ab$

பரப்பு வேகம் $\frac{1}{2} r^2 \frac{d\theta}{dt} = \frac{1}{2} h$

ஆகவே, $T_1 = \frac{\pi ab}{\frac{1}{2}h_1} = \frac{2\pi a_1 b_1}{h_1}$

இதேபோல், $T_2 = \frac{2\pi a_2 b_2}{h_2}$

$$\therefore T_1^2 = \frac{4\pi^2 a_1^2 b_1^2}{h_1^2} = \frac{4\pi^2 a_1^2 \cdot l_1 a_1}{h_1^2} \qquad \left[\because l_1 = \frac{b_1^2}{a_1}\right]$$

$$= \frac{4\pi^2 a_1^3 l_1}{h_1^2}$$

$$= \frac{4\pi^2 a_1^3}{\mu_1} \qquad \left[\because \mu_1 = \frac{h_1^2}{l_1}\right]$$

இவ்வாறே, $T_2^2 = \frac{4\pi^2 a_2^3}{\mu_2}$

$$\therefore \frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3 \mu_2}{a_2^3 \mu_1}$$

ஆனால் கெப்ளர் மூன்றாம் விதிப்படி,

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

$$\therefore \frac{a_1^3}{a_2^3} \frac{\mu_2}{\mu_1} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

$\therefore \quad \mu_1 = \mu_2$ ஒரு மாறிலி.

ஆகவே கெப்ளர் விதிகளிலிருந்து நியூட்டன் கீழ்க்காணும் முடிவுகளைப் பெற்றார்.

1. ஒரு கோள் சூரியனைச் சுற்றி வரும்போது, அதனைச் சூரியன் ஈர்க்கிறது. ஈர்க்கும் விசை சூரியனுக்கும் கோளுக்கும் உள்ள தூரத்தின் இருபடிக்கு எதிர்விகிதத்தில் உள்ளது.

2. இவ் விசை சூரியனையும் கோளையும் இணைக்கும் கோட்டிலேயே செயல்படுகிறது.

3. சூரியன் தன்னை நோக்கி எக் கோளையும் ஈர்க்கும் விசையின் விகிதம் ஒரு மாறிலியாகும். (அ-து) சூரியனிலிருந்து ஓர் அலகு தூரத்தில் எல்லாக் கோள்களுக்கும் முடுக்கம் சமமாகும்.

8. கெப்ளரின் மூன்றாவது விதியை நியூட்டனின் பொது ஈர்ப்பு விதியிலிருந்து பெறலாம்.

நியூட்டனின் பொது ஈர்ப்பு விதி : ஒரு பொருள் மற்றொரு பொருளை ஈர்க்கும் விசையானது அவற்றின் நிறைகளின் (masses) பெருக்குத் தொகைக்கு நேர் விகிதத்திலும் அவற்றிற்கு இடைப்பட்ட தூரத்தின் வர்க்கத்திற்கு எதிர் விகிதத்திலும் இருக்கிறது.

m_1, m_2 என்பவை இரு பொருள்களின் நிறை; அவற்றிற்குள்ள தூரம் r; ஈர்ப்பு விசை F. நியூட்டனின் பொது விதிப்படி,

$$F \propto \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$(\text{அ-து}) \quad F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \quad (G \text{ ஈர்ப்பு மாறிலி}).$$

இனிச் சூரியனின் நிறை M என்றும், கோளின் நிறை m என்றும், அவற்றிற்குள்ள தூரம் r என்றும் கொண்டால், சூரியனுக்கும் கோளுக்கும் இடையில் உள்ள ஈர்ப்பு விசை $= \frac{GMm}{r^2}$ ஆகும்.

ஆகவே, சூரியனின் ஈர்ப்பினால் கோள் சூரியனை நோக்கிய திசையில் ஈர்க்கப்படும் முடுக்கம் $\frac{GM}{r^2}$. இவ்வாறே, கோளின் ஈர்ப்பினால் சூரியன், கோளை நோக்கிய திசையில் ஈர்க்கப்படும் முடுக்கம் $\frac{Gm}{r^2}$. இவ்விரு முடுக்கங்களும் ஒரே கோட்டில் நேரெதிர்த் திசைகளில் இருக்கின்றன.

ஆகவே கோளின் சார்பு முடுக்கம் (relative acceleration)

$$= \frac{G(M+m)}{r^2}$$

ஆனால் கோள் நீள்வட்டப் பாதையில் செல்லும்போது அதன் ஆரை முடுக்கம் $= -\frac{h^2}{lr^2}$ (என, கெப்ளரின் இரண்டாவது விதியிலிருந்து நியூட்டன் கண்ட முடிவை விளக்கும்போது பார்த்தோம்).

$$\therefore \frac{G(M+m)}{r^2} = \frac{h^2}{lr^2}$$

$$\therefore G(M+m) = \frac{h^2}{l}$$

$$\therefore G(M+m)\, l = h^2.$$

இனி, கோள் சூரியனைச் சுற்றும் பாதையின் நெட்டச்சு, சிற்றச்சு முறையே a, b எனவும், கோளின் சுற்றுகாலம் T எனவும் கொள்வோம்.

பாதையைச் சுற்றும்போது பரப்பு வேகம் $= \frac{1}{2}r^2\frac{d\theta}{dt} = \frac{1}{2}h$

நீள்வட்டப் பாதையின் பரப்பு $= \pi ab$

$$\therefore \text{சுற்றுகாலம்} = \frac{\pi ab}{\frac{1}{2}h} = \frac{2\pi ab}{h} = T$$

$$\therefore h = \frac{2\pi ab}{T}$$

$G(M+m)\, l = h^2$ என்ற மேலே பெற்ற பலனில் இதைப் பிரதியிட, நாம் பெறுவது,

$$G(M+m)\frac{b^2}{a} = \frac{4\pi^2 a^2 b^2}{T^2} \quad \left[\because l = \frac{b^2}{a}\right]$$

$$\therefore G(M+m)T^2 = 4\pi^2 a^3$$

மற்றொரு கோளின் நிறை m_1 எனில், மேலே கண்ட தொடர்பு $G(M+m_1)T_1^2 = 4\pi^2 a_1^3$ என வரும்.

$$\therefore \frac{M+m}{M+m_1}\,\frac{T^2}{T_1^2} = \frac{a^3}{a_1^3}$$

இதுவே கெப்ளரின் மூன்றாவது விதியின் சரியான அமைப்பாகும். ஆனால், சூரியனின் நிறையோடு கோள்களின் நிறையை ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும்போது, கோள்களின் நிறைகள் மிகமிகச் சிறியவைகளாதலால், $(M+m)$-ம் $(M+m_1)$-ம் ஏறக்குறைய சமமாகும். இவ்வகையில்,

$\frac{T^2}{T_1^2} = \frac{a^3}{a_1^3}$ என்ற கெப்ளரின் மூன்றாவது விதியைப் பெறுகிறோம்.

9. ஒரு கோளின் நிறையைக் காணல்

நிறை காணவேண்டிய கோளின் நிறை m எனவும், சூரியனின் நிறை M எனவும் கொள்வோம்.

கோள் m-ன் உபகோளின் நிறை m_1 ஆகுக.

சூரியனிலிருந்து கோள் m-ன் தூரம் a எனவும், கோளிலிருந்து உபகோளின் தூரம் a_1 எனவும் கொள்வோம்.

கோள் சூரியனைச் சுற்றிவரக் காலம் T எனவும், உபகோள் ஆனது கோளைச் சுற்றிவர எடுத்துக்கொள்ளும் காலம் T_1 எனவும் கொள்வோம்.

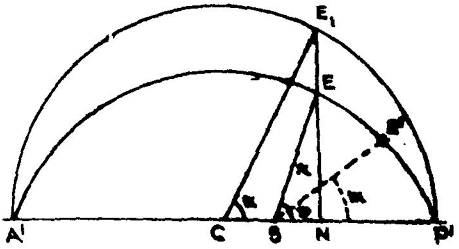
$$\therefore \quad \frac{M+m}{m+m_1} \cdot \frac{T^2}{T_1^2} = \frac{a^3}{a_1^3}$$

M உடன் ஒப்பிடும்போது, m, m_1 இரண்டும் சிறியவைகளாதலின்

$$\frac{M}{m} \cdot \frac{T^2}{T_1^2} = \frac{a^3}{a_1^3}$$

$$\therefore \quad m = \frac{T^2 a_1^3}{T_1^2 a^3} \cdot M \text{ ஆகும்.}$$

10. கொடுக்கப்பட்ட ஒரு சமயத்தில் பூமியின் நிலையை அதன் பாதையில் நிர்ணயித்தல்



படம் 21-4

படத்தில் E என்பது பூமியின் நிலையை அதன் பாதையில் ஏதேனும் ஒரு தருணத்தில் குறிக்கிறது. EN என்பது கவியக் கோட்டிற்குச் செங்குத்தாக வரையப்பட்டு நீள்வட்டத்தின் துணை வட்டத்தை E_1 ல் சந்திக்கிறது.

$\angle ESP' = v$ என்பது இயல்பு நெறிப்பிறழ்ச்சி (True anomaly) எனப்படும்.

$\angle E_1CP' = u$ என்பது மைய அகற்சி நெறிப்பிறழ்ச்சி (Eccentric anomaly) எனப்படும்.

SE-ன் பரப்பு வேகம் $= \frac{1}{2} r^2 \frac{dv}{dt}$. இது ஒரு மாறிலி (கெப்ளரின் இரண்டாவது விதி).

ஆகவே $\frac{dv}{dt}$ ஒரு மாறிலியாகாது. அஃது ஒரு மாறியாகும். (அ-து) இயல்பு பிறழ்ச்சி சீரான வேகத்தில் மாறுவதில்லை. இப்போது P'-லிருந்து பூமியுடன் புறப்பட்டு, பூமியின் பாதையிலேயே சீரான கோண வேகத்தில் பூமியின் கால வட்டத்திலேயே பாதையைச் சுற்றும் E' என்ற கற்பனைப் பொருளைக் கருதுவோம். ஆகவே E'-ன் கோணவேகம், பூமியின் சராசரி கோண வேகத்திற்குச் சமமாகும்.

$\angle E'SP' = m$ என்பது சராசரிப் பிறழ்ச்சி (mean anomaly) எனப்படும்.

11. இயல்புப் பிறழ்ச்சி v-க்கும், மையப் பிறழ்ச்சி u-க்கும் உள்ள தொடர்பு (Relation between true anomaly and eccentric anomaly)

1. $r \cos v = SN = CN - CS = a \cos u - ae$
$$= a(\cos u - e)$$

2. $r \sin v = EN = \frac{b}{a} \cdot E_1N = \frac{b}{a} \cdot a \sin u = b \sin u$

$$\therefore \quad r^2 \cos^2 v + r^2 \sin^2 v = a^2 (\cos u - e)^2 + b^2 \sin^2 u$$

(அ-து) $r^2 = a^2 (\cos u - e)^2 + a^2 (1 - e^2) \sin^2 u$

$$= a^2 (\cos^2 u - 2e \cos u + e^2) + a^2 (1 - e^2) \sin^2 u$$
$$= a^2 [\cos^2 u + \sin^2 u - 2e \cos u + e^2 (1 - \sin^2 u)]$$
$$= a^2 [1 - 2e \cos u + e^2 \cos^2 u]$$
$$= a^2 (1 - e \cos u)^2$$

3. $\therefore \quad r = a(1 - e \cos u)$

1, 3-லிருந்து

$$\therefore \; r(1 - \cos v) = a(1 - e \cos u) - a(\cos u - e)$$
$$= a - ae \cos u - a \cos u + ae$$
$$= a(1 + e) - a \cos u (1 + e)$$
$$= a(1 + e)(1 - \cos u)$$
$$r(1 + \cos v) = a(1 - e)(1 + \cos u)$$

4. $\therefore \; \frac{1 - \cos v}{1 + \cos v} = \frac{1 + e}{1 - e} \cdot \frac{1 - \cos u}{1 + \cos u}$

$$\tan^2 \frac{v}{2} = \frac{1 + e}{1 - e} \tan^2 \frac{u}{2}$$

$$\therefore \quad \tan \frac{v}{2} = \sqrt{\frac{1 + e}{1 - e}} \tan \frac{u}{2}$$

12. மையப்பிறழ்ச்சி 'u'க்கும், சராசரிப் பிறழ்ச்சி 'm'க்கும் உள்ள தொடர்பு (Relation between eccentric anomaly and mean anomaly)

பூமி, சூரியனை ஒரு முறை சுற்றிவர எடுத்துக்கொள்ளும் காலம் T (ஓராண்டு) எனக்கொள்வோம்.

ஆகவே பூமியின் சராசரிக் கோண வேகம் $= \frac{2\pi}{T} = \omega$ என்க.

பூமி P'-லிருந்து தற்போதுள்ள நிலை Eக்கு வர எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம் 't' ஆனால், அதே நேரத்தில் சீரான வேகத்தில் பூமியின் பாதையில் சுற்றும் E' என்னும் கற்பனைப் பொருள் சுற்றும் கோணம் $= \omega t = \frac{2\pi}{T} t$ இந்தக் கோணமே சராசரிப் பிறழ்ச்சி m ஆகும்.

$$\therefore \text{ சராசரிப் பிறழ்ச்சி} = m = \frac{2\pi}{T} t = \angle E'SP'$$

$$\frac{\text{நீள்வட்டப் பகுதி } P'SE \text{ ன் பரப்பு}}{\pi ab} = \frac{t}{T}$$ [கெப்ளரின் 2-ம் விதி]

ஆனால் நீள்வட்டப் பகுதி $P'SE$ன் பரப்பு

$$= \frac{b}{a} \times \text{பரப்பு } P'SE_1$$

$$= \frac{b}{a} \left[\text{பரப்பு } P'CE_1 - \text{முக்கோணம் } CSE_1\right]$$

$$= \frac{b}{a} \left[\tfrac{1}{2} a^2 u - \tfrac{1}{2} ae \cdot a \sin u\right]$$

$$\therefore \text{ பரப்பு } P'SE = \frac{ab}{2} (u - e \sin u)$$

$$\therefore \frac{\frac{ab}{2}(u - e \sin u)}{\pi ab} = \frac{t}{T}$$

$$\therefore \frac{u - e \sin u}{2\pi} = \frac{t}{T}$$

$$\therefore u - e \sin u \quad \frac{2\pi}{T} t = m$$

$$\therefore m = u - e \sin u$$

இத் தொடர்பு கொண்டு, *u*ன் தோராய மதிப்பை *m*ன் தொடர்பாகக் காண்போம்

$$u = m + e \sin u$$

ஆகவே $u = m$ (முதல் தோராய மதிப்பு)

$\therefore u = m + e \sin m$ (இரண்டாம் தோராய மதிப்பு)

மூன்றாம் தோராயமாக,

$$u = m + e \sin (m + e \sin m)$$

$$= m + e [\sin m \cos (e \sin m) + \cos m \sin (e \sin m)]$$

e சிறிய மதிப்பே கொண்டுள்ளதால்,

$\cos (e \sin m) = 1$; $\sin (e \sin m) = e \sin m$ எனக் கொள்ளலாம்.

$$\therefore u = m + e [\sin m + \cos m \cdot e \sin m]$$

$$= m + e \sin m + \frac{e^2}{2} \sin 2m \text{ (மூன்றாம் தோராயம்)}$$

13. இயல்புப் பிறழ்ச்சி v-க்கும் சராசரிப் பிறழ்ச்சி m-க்கும் உள்ள தொடர்பு (Relation between true anomaly and mean anomaly)

$$m = \frac{2\pi}{T} t$$

$$\therefore \frac{dm}{dt} = \frac{2\pi}{T}; \text{ மற்றும் } r^2 \frac{dv}{dt} = h$$

$$\therefore r^2 \frac{dv}{dt} \Big/ \frac{dm}{dt} = h / \frac{2\pi}{T} = \frac{hT}{2\pi}$$

$$\therefore \frac{dv}{dm} = \frac{hT}{2\pi} \cdot \frac{1}{r^2} = \frac{2\pi ab}{2\pi r^2} = \frac{ab}{r^2}$$

$$= \frac{ab (1 + e \cos v)^2}{l^2} = \frac{ab (1 + e \cos v)^2}{b^4 / a^2}$$

$$= \left(\frac{a}{b} \right)^3 (1 + e \cos v)^2$$

$$\therefore\ m = \int_0^v \frac{b^3\, dv}{a^3 (1 + e \cos v)^2}$$

$$= \int_0^v \frac{b^3}{a^3}\left(1 - 2e \cos v + 3e^2 \cos^2 v - \ldots\right) dv$$

$$= \frac{b^3}{a^3}\int_0^v \Big\{1 - 2e \cos v + \frac{3e^2}{2}\left(1 + \cos 2v\right) - \ldots\ldots\Big\}\, dv$$

$$= \frac{b^3}{a^3}\left(v - 2e \sin v + \frac{3e^2}{2} v + \frac{3e^2}{4} \sin 2v - \ldots\right)$$

$$= \left(1 - \frac{3}{2} e^2\right)\left(v - 2e \sin v + \frac{3e^2}{2} v + \frac{3e^2}{4} \sin^2 v\right)$$

$$\therefore\ m = v - 2e \sin v + \frac{3e^2}{4} \sin 2v$$

இத் தொடர்பைக்கொண்டு v-ன் தோராய மதிப்பை m-ன் தொடர்பாகக் காண்போம்.

முதல் தோராய மதிப்பு $v = m$

$$v = m + 2e \sin v$$

$$= m + 2e \sin m \text{ (இரண்டாம் தோராய மதிப்பு)}$$

$$v = m + 2e \sin v - \frac{3e^2}{4} \sin 2v$$

$$= m + 2e \sin (m + 2e \sin m) - \frac{3e^2}{4} \sin 2(m + 2e \sin m)$$

$$= m + 2e\{\sin m \cos (2e \sin m) + \cos m \sin (2e \sin m)\} - \frac{3e^2}{4} \sin 2m$$

$$= m + 2e(\sin m + \cos m \cdot 2e \sin m) - \frac{3e^2}{4} \sin 2m$$

$$\therefore v = m + 2e \sin m + \frac{5}{4} e^2 \sin 2m$$

கிளை : $v - m = 2e \sin m + \frac{5}{4} e^2 \sin 2m$ இந்த வேறுபாட்டை மையக் குறைநிறைச் சமன்பாடு (Equation of Centre) எனக் கூறுகிறோம்.

பயிற்சி

1. சூரியனின் மீப்பெரு, மீச்சிறு விட்டங்கள் முறையே 32′ 31″ ; 31′ 28″. பூமியின் நீள்வட்டப் பாதையின் குவிமையப் பிறழ்வு (e) காண்க.

2. புளூட்டோவின் நீள்வட்டப் பாதையின் குவிமையப் பிறழ்ச்சி 0·25· அதன் காலவட்டம் 248 ஆண்டுகள். சேய்மை நிலையில் அது கதிரவனிலிருந்து உள்ள தூரம் ஏறக்குறைய 50 வானியல் அலகுகள் என நிறுவுக.

3. பூமியின் நீள்வட்டப் பாதையின் செவ்வகலம் l_1 ; அதே ஒரு கோளுடையது l_2· பூமியின் பரப்புவேகம் : கோளின் பரப்புவேகம் $= \sqrt{l_1} : \sqrt{l_2}$ என நிறுவுக.

4. $v = u + e \sin u + \frac{e^2}{4} \sin 2u$ என்ற தோராய மதிப்பைக் காண்க.

5. பூமி தனது நீள்வட்டப் பாதையில், அண்மை சேய்மை நிலையிலும், முறையே v_1, v_2 என்ற நீள்வேகத்துடன் (linear velocity) செல்கிறது. குவிமையப் பிறழ்வு e எனின் $\frac{v_1}{v_2} = \frac{1+e}{1-e}$ என நிறுவுக.

6. ஒரு கோள் தன் பாதையில் அடையும் மீப்பெரு, மீச்சிறு நீள்வேகம் முறையே 39கி.மீ./செ. 29·2கி.மீ./செ. எனின், அதன் பாதையின் குவிமையப் பிறழ்வு $\frac{1}{74}$ எனக் காண்பி,

7. பூமி, ஒரு கோள் ஆகியவற்றின் நீள்வட்டப் பாதையின் செவ்வகலம் முறையே l_1, l_2 ஆகும். ஒரு கால இடை வெளியில் கோள் வரையும் பரப்பு அதே கால இடை வெளியில் பூமி வரையும் பரப்பைப்போல் $\sqrt{l_2 l_1}$ மடங் காகும் எனக் காட்டுக.

8. சூரியனைச் சுற்றி வரும் பூமியின் பாதையின் குவிமையப் பிறழ்வு $\frac{1}{60}$ எனக் கொண்டு சூரியனிலிருந்து பூமியின் தூரம் பாதையின் பேரச்சில் பாதியை விட எத்தனை நாள்கள் குறைவாக இருக்கும் எனக் கணக்கிடு.

[Half year—2 days]

9. வியாழனின் மீன்வழிச் சுற்றுகாலம் 11·86 ஆண்டுகள். சூரியனிலிருந்து அதன் சராசரி தூரம் = 483 மில்லியன் மைல்கள் ஆகும். வியாழனிலிருந்து அதற்கு அண்மை யிலுள்ள முதல் உபகோள் யுரோபாவின் தூரம் 261000 மைல்கள். அதன் மீன்வழிச் சுற்றுகாலம் 1 நாள் 13·5 மணிகள். இவற்றைக் கொண்டு சூரியனின் நிறை வியாழனின் நிறையைப் போல் ஆயிரம் மடங்கிற்கும் சற்று அதிகம் எனக் காண்பி.

22. காலக் குறைநிறைச் சமன்பாடு

(THE EQUATION OF TIME)

1. சீராகத் திரும்பத் திரும்ப வரும் நிகழ்ச்சிகளைக் கொண்டு காலத்தை அளக்க முயல்கிறோம்.

இவ்வாறு சூரியன் உதிக்கும் நேரத்திலிருந்து மறுபடி உதிக்கும் வரை உள்ள காலம் ஒரு நாள் என நம்மவர்கள் கணக்கிட்டனர். ஆனால் சூரியன் அடிவானத்தில் எழும் அல்லது மறையும் நேரம் இடத்திற்கு இடம் மாறுபடுகிறது. மேலும் அந்த நேரத்தைத் திட்டமாகச் சொல்ல முடியாது.

ஆகவே சூரியனை உச்சிவரையில் கண்டு, மறுமுறை அங்கேயே காண ஆகும் கால அளவு ஞாயிற்றுவழி நாள் (Solar Day) எனப்படும்.

ஆனால் சூரியன் (அ-து) உண்மையில் பூமி தன் பாதையில் சீரான கோணவேகத்தில் இயங்காத காரணத்தாலும், சூரியனின் பாதை நடுவரைக்கு $23\frac{1}{2}°$ சாய்ந்திருப்பதாலும், சூரியனின் வல ஏற்றம் சீரான வேகத்தில் மாறுவதில்லை. எனவே ஒரு சீராக இயங்கும் கடிகாரம் சூரியன்வழி நேரத்தைக் காட்ட முடியாது.

ஆனால் பூமி தன் அச்சில் ஒரே சீராகச் சுழல்கிறது. இதன் காரணமாக வானக் கோளமே வான அச்சைப்பற்றிச் சீராகச் சுழல்கிறது. இவ்வித நிகழ்ச்சி காலம் கணிக்கப் பயன்படும். இவ் விதமாக ஒரு விண்மீன் உச்சிவரையிலிருந்து மறுபடியும் அது அங்கேயே வரும் காலம் சீராக இருப்பதைக் கண்டார்கள். ஆகவே இது கால அளவுக்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

ஒரு விண்மீன் உச்சிவரையில் காணப்பட்டு மறுபடியும் உச்சி வரைக்கு வர ஆகும் காலம் ஒரு 'மீன்வழி' நாள் (Siderial Day) எனப்படும்.

ஒரு விண்மீன்வழி நாள் கடிகாரப்படி 23 மணி 59 நி. 4 வினாடியாகும்.

விண்மீன்கள் வானக்கோளத்தில் பூமியைச் சுற்றுவது போன்ற காட்சியில், சூரியனுக்கும் பங்குண்டே! சூரியனும் ஒரு விண்மீன்தானே! ஏன் சூரியன் இயங்குவதை வைத்துக் காலம் கணிக்க முடியாது என்ற வினா எழுகிறது. இதற்குக் காரணம் சூரியனும் தினசரி இயக்கத்தில் பங்கு கொண்டபோதிலும், விண்மீன்களிடையே தினமும் சூரியன் கிழக்காக நகருகிறான், ஒரு விண்மீனும் சூரியனும் ஒன்றாக உச்சிவரையில் இருக்கிறதென்று வைத்துக்கொள்வோம். மறுமுறை விண்மீன் உச்சி வரைக்கு வருவதற்குள் சூரியன் அதற்குக் கிழக்காக நகர்ந்துள்ளது. ஆகவே விண்மீன் உச்சிவரையைக் கடந்த பின்னரே ஞாயிறு உச்சி வரைக்கு வருகிறது. கடிகாரப்படி 'ஞாயிற்றுவழி நாள்', மீன்வழி நாளை விடச் சராசரி 4 நிமிடங்கள் அதிகமாகும் எனக் காட்டலாம்.

ஒரு குறிப்பிட்ட நாளில் ஓர் இடத்தில் நண்பகல் சமயத்தில் சூரியனின் வல ஏற்றம் a எனக் கொள்வோம். அப்போது மீன் வழி நேரம் t என்க. ஆனால் $t = a \pm h$ என்ற வாய்பாட்டின்படி சூரியன் உச்சி கடக்கும்போது $h = 0$ ஆகையால், $t = a$ ஆகிறது. அடுத்த நாள் சூரியன் உச்சி கடக்கும்போது சூரியனின் வல ஏற்றம் தினசரி ஏறத்தாழ 1° அதிகமாவதால் (இது ஒரு மாறிலியல்ல) அன்று உச்சி கடக்கும் நேரம் $t' = a + 1^\circ$ ஆகும். ஆகவே முதல் நாள் சூரியன் உச்சி கடக்கும் சமயத்திற்கும், அடுத்த நாள் சூரியன் உச்சி கடக்கும் சமயத்திற்கும், இடைவெளிப் பொழுது ஒரு மீன்வழி நாள் + ஏறத்தாழ 1°க்குச் சமமான 4 மீன்வழி நிமிடங்கள்.

எனவே ஒரு கதிரவன் நாள் = ஒரு மீன்வழி நாள் + 4 மீன்வழி நிமிடங்கள். இது ஒரு தோராயச் சமன்பாடு.

திட்டமாகக் கூறுமிடத்து, ஒரு கதிரவன் நாள் = ஒரு மீன்வழி நாள் + தினந்தோறும் ஏற்படும் சூரியனின் வல ஏற்ற உயர்வு.

ஆகவே, சூரியன் விண்மீன்களிடையே கிழக்காக நகர்வதால், ஒரே சீராகவுள்ள மீன்வழி நாளைவிட அதிகக் காலமுள்ளது. இவ்வாறு சூரியன் விண்மீன்களிடையே நகருவதாகத் தோற்றுவதற்குக் காரணம் பூமி சூரியனைச் சுற்றி வருவதாகும். பூமி டிசம்பர், ஜனவரி மாதங்களில், சூரியனுக்கு அருகில் வரும்போது வேகமாக நகருகிறது. ஜூன் ஜூலை மாதங்களில் சூரியனுக்கு வெகு தூரத்தில் இருக்கும்போது சற்று மெள்ள நகருகிறது. அதனால், சூரியனது கிழக்காக உள்ள தோற்ற இயக்கம், குளிர் காலங்களில் அதிகமாய் இருக்கின்றது. ஆகவே சூரியன் உச்சிக்கு

வரத் தாமதமாகிறது. இவ்வாறு ஞாயிற்றுவழி நாள் குளிர் காலங்களில் சற்று அதிகக் காலமுள்ளதாகவும், கோடைக் காலத்தில் குறைவாகவும் காண்கிறது. மேலும் பூமியின் சுழலச்சு $23\frac{1}{2}^{\circ}$ சாய்ந்திருப்பதுவும், 'ஞாயிற்றுவழி' நாளின் ஏற்றத் தாழ்வுக்குக் காரணமாகிறது. இவ்வாறு 'ஞாயிற்றுவழி நாள்கள்' ஒரே சீரான கால அளவாக அமையாததால், 'கால அலகு' ஆகக் கொள்ள ஏற்றதாக இல்லை.

மீன்வழி நாள் துவக்கம் : ஆனால் மீன்வழி நாள் ஒரு சீராக உள்ளது.

எனவே, வான ஆராய்ச்சி நிலையங்களில் அது மிகவும் பயன் படுகிறது. 'மீன்வழி' நாளையும் 24 சமபாகங்களாகப் பிரித்து ஒவ்வொன்றும் 'மீன்வழி மணி' எனப்படுகிறது. இதுபோன்று, 'மீன்வழி' நிமிடம், வினாடியுள்ள மீன்வழி நேரத்தைக் காட்டும் கடிகாரங்கள் வான ஆராய்ச்சி நிலையங்களில் (observatories) உள்ளன.

மேட முதற்புள்ளியை ஆதாரமாகக்கொண்டு மீன்வழி நேரம் கணக்கிடப்படுகிறது. குறிப்பாக மேடமுதற்புள்ளியின் மேற்கு நேரக்கோணமே அத்தருணத்தில் மீன்வழி நேரமாகும்.

ஞாயிற்றுப் பாதையும் வான நடுவரையும் வெட்டுமிடமே மேட முதற்புள்ளி γ ஆகும். மேட முதற்புள்ளி γ வான உச்சி வரைக்கு வரும் நேரம் (அ-து) γ உச்சி திரியும் நேரம் மீன்வழி நேரத்தைக் காட்டும் கடிகாரங்கள் 0மீ வழி மணியைக் காட்டும். மீன்வழி நாள் அப்போது துவங்குகிறது.

இப்பொழுது மேட முதற்புள்ளி ஒரு கற்பனைப் புள்ளி. அது உச்சி திரிதலை எவ்வாறு காண்பது? சில குறிப்பிட்ட விண்மீன் கள் உச்சி திரியும் 'மீன்வழி' நேரம் கணக்கிடப்படுகிறது. தொலை நோக்கியால் அவை உச்சி திரியும் தருணம் கடிகாரங்கள் சரி பார்க்கப்படுகின்றன.

ஆனால், இம்மீன்வழி நேரம் சீராக இயங்கினாலும், வான வியலில் பெரிதும் பயன்பட்டாலும், நமது அன்றாட வாழ்க் கைக்கு ஒத்து வருவதாக இல்லை. உதாரணமாக ஒரு கல்லூரி தினமும் மீன்வழிநேரம் 10 மணிக்குத் துவங்கவேண்டும் என்ற நியதி இருப்பதாகக் கொள்வோம். இப்போது மீன்வழி நேரம் 10 மணிக்கு, மார்ச் 21ம் தேதி சூரியனை யொட்டிய காலம் இரவு 10 மணியாகும். அடுத்த ஜ ஊை ।

2 மணியாகும். இதனால் வாழ்க்கையை மீன்வழி நேரப்படி திட்டமிட முடியாது. மனிதனின் அன்றாட வாழ்க்கை பகல் இரவுக் காலங்கள் அடிப்படையில்தான் அமைகிறது. ஆனால் மீன்வழி நேரம் பகல் இரவுக் காலங்களோடு இணைந்து வருவதில்லை என்பதைப் பார்த்தோம்.

மேலே கொடுத்த விளக்கத்திலிருந்து நாம் பெறுவது யாதெனில்

(i) மீன்வழி நாள் ஒரே சீராகத் திரும்ப வரும் நிகழ்ச்சியின் விளைவாதலால் இது வானியல் ஆராய்ச்சி நிலையங்களில் பயன்படுகிறது. ஆனால், நமது அன்றாட வாழ்க்கைக்கு ஒத்து வருவதாக இல்லை.

(ii) ஞாயிற்று வழி நாள் அன்றாட வாழ்க்கையுடன் ஒத்து வருவதானாலும், ஒரே சீரான கால அளவாக அமையாததால், அதைக் 'கால அலகு' ஆக ஏற்க முடியவில்லை.

2. வானச் சராசரிக் கதிரவன் (Astronomical Mean Sun)

இந்தச் சிக்கலை நீக்கி ஒரு சீரான முறையில் காலம் காட்டும் கடிகாரம் கொண்டு வாழ்க்கையை அமைப்பதற்கு உதவும் வண்ணம் வானியல் அறிஞர்கள் வானச் சராசரிக் கதிரவன் (Astronomical Mean Sun) என்ற ஒரு கற்பனைக் கதிரவனை அமைத்துள்ளனர். இக் கற்பனைக் கதிரவன், தோற்றக் கதிரவனின் இயக்கக் காலவட்டமாகிய ஓராண்டில் வான நடுவரையின்மீது சீரான வல ஏற்ற மாற்றத்துடன் ஒரு முழுச் சுற்றுச் சுற்றுகிறது. இக் கற்பனைக் கதிரவனின் சீரான வல ஏற்ற மாற்றத்தின் அடிப்படையில் கதிரவன்வழிச் சராசரி நேரம் (Astronomical Mean Solar Time) அல்லது சுருக்கமாக (Mean Solar Time) வகுத்திருக்கின்றனர்.

இந்தச் 'சராசரிக் கதிரவன்வழி நாளை'க் காலத்தைக் கணிக்க ஓர் அலகாகக் கொள்கிறோம். நமது கடிகாரங்கள் காட்டும் கால அளவு இந்த அலகை அடிப்படையாகக் கொண்டதாகும்.

சராசரிக் கதிரவன்வழி நாள் (Mean Solar Day) தொடங்கும் நேரம் ஏறக்குறைய நடுநிசியாகும். அப்போது கடிகாரப்படி நேரம் 0 மணி. கடிகாரம் பகலில் 12 மணி காட்டும்போது தோற்றக் கதிரவன் வான உச்சி வரையில் இருப்பான் என எதிர்பார்ப்போம் அல்லவா ? ஆனால் அவ்வாறு ஓர் ஆண்டில் 4 நாள்கள்தான் இருப்பான்.

குறிப்பு : சராசரிக் கதிரவன் வல ஏற்றம் சீராக 365·25 நாள்களில் 360° அதிகரிக்கிறது.

ஆகவே தினசரி அதிகரிப்பு = 3 நி 56·55 வி.

3. இயக்கவிடைக் கதிரவன் (Dynamical Mean Sun)

வான நடுவரையில் இயங்கும் கற்பனைக் கதிரவனான வானச் சராசரிக் கதிரவன் அல்லாமல் இயக்கவிடைக் கதிரவன் என்ற மற்றொரு கற்பனைக் கதிரவன் சீரான கோண வேகத்தோடு உண்மைக் கதிரவன் பாதையிலேயே இயங்குவதாக எடுத்துக் கொள்கிறோம். உண்மைக் கதிரவன் கால வட்டத்திலேயே இக் கற்பனைக் கதிரவன் சரியாக ஒரு முறை சுற்றுகிறது. மேலும் உண்மைக் கதிரவன் அண்மை நிலையிலும், சேய்மை நிலையிலும் உள்ளபோது இயக்கவிடைக் கதிரவனும் அண்மை நிலையிலும், சேய்மை நிலையிலும் உள்ளது. மேலும் வானச் சராசரிக் கதிரவனும் இயக்கவிடைக் கதிரவனும் ஒரே சமயத்தில் γ-லிருந்து புறப்படுகின்றனவெனக் கொள்ளப்படுகிறது.

ஆகவே இவ்விரு கற்பனைக் கதிரவர்களும் γ-விலிருந்து ஒருங்கே புறப்பட்டு ஒரே காலவட்டத்தில் (அ-து) ஓராண்டுக் காலத்தில் 360° சுற்றுகின்றன. ஆனால் சராசரிக் கதிரவன் பாதை சீரான கோண வேகத்தில் வான நடுவரையில் (equator) அமைந்துள்ளது. இயக்கவிடைக் கதிரவன் பாதை சீரான கோண வேகத்தில் உண்மைக் கதிரவன் பாதையிலேயே (ecliptic) அமைந்துள்ளது.

இவ்விரு கதிரவர்களும் γ-லிருந்து ஒருங்கே புறப்படுவதாகக் கொள்ளப்படுவதால், எந்தச் சமயத்திலும் சராசரிக் கதிரவனின் வல ஏற்றமும் (Right Ascension) இயக்கவிடைக் கதிரவனின் நெட்டாங்கும் (Longitude) சமமாயிருக்கும்.

4. காலக் குறைநிறைச் சமன்பாடு (Equation of time)

ஏதேனும் ஒரு தருணத்தில் சராசரிக் கதிரவனின் மேற்கு நேரக்கோணம், அத்தருணத்தின் 'சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரத்தை (Mean Solar Time) குறிக்கும். ஆனால் சராசரிக் கதிரவன் ஒரு கற்பனைப் பொருளாதலால் அதைப் பார்த்துக் கடிகார நேரத்தை வைக்க முடியாது. ஆகவே ஒரு குறிப்பிட்ட தருணத்தில் உண்மைக் கதிரவன் நேரத்திலிருந்து (Apparent Solar Time) சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம் (Mean Solar time) பெறக் கழிக்கவேண்டிய கால அளவைக் காண்கிறோம். இந்த வேறுபாடு அத்தருணத்திற்குரிய காலக் குறைநிறைச் சமன்பாடாகும்.

குறிப்பு ! சில நாள்கள் சூரியன் உச்சி கடந்திருப்பான். அவ்வாறு உச்சி கடந்து எத்தனை நிமிடங்கள் ஆனதோ, அந்த அளவு காலச் சமன்பாடு எனப்படும்.

ஏதேனும் ஒரு நாள் காலச் சமன்பாடு, + 9 நிமிடம் என்றால் கடிகாரப்படி 12 மணி ஆகும்போது, சூரியன் உச்சிவரை கடந்து 9 நிமிடங்கள் சென்றுள்ளது என்பதாகும்.

காலச்சமன்பாடு 7 நிமிடம் என்றால், கடிகாரப்படி 12 மணி ஆகும்போது, சூரியன் இன்னும் கிழக்கிலிருப்பான். உச்சி கடக்க இன்னும் 7 நிமிடங்கள் உள்ளன எனப் பொருளாகும்.

ஒரு குறிப்பிட்ட சமயத்தில் காலச் சமன்பாட்டை E எனக் குறிப்போம்.

அந்தச் சமயத்தில்,

இயக்கவிடைக் கதிரவனின் நெட்டாங்கு l எனின்

சராசரிக் கதிரவனின் வல ஏற்றமும் l ஆகும்.

இனி அச்சமயத்தில் உண்மை (தோற்றக்) கதிரவனின் வல ஏற்றம் a எனவும்,

உண்மை (தோற்றக்) கதிரவனின் நெட்டாங்கு ☉ எனவும், மீன்வழி நேரம் t எனவும் கொள்வோம்.

இப்போது, வரையறைப்படி,

உண்மைக் கதிரவன்வழி நேரம் — E = சராசரிக் கதிரவன் வழி நேரம்

∴ E = உண்மைக் கதிரவன்வழி நேரம் — சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம்

= உண்மைக் கதிரவன் நேரக் கோணம் — சராசரிக் கதிரவனின் நேரக் கோணம்

= (மீன்வழி நேரம் — உண்மைக் கதிரவனின் வல ஏற்றம்) — (மீன்வழிநேரம் — சராசரிக் கதிரவனின் வல ஏற்றம்) [$\therefore t = a + h$] $\therefore h = t - a$

= சராசரிக் கதிரவனின் வல ஏற்றம் — உண்மைக் கதிரவனின் வல ஏற்றம்

= $l - a$

= $(l - ☉) + (☉ - a)$

= $E_1 + E_2$ என இரு கூறுகள்.

5. இப்பொழுது உண்மைக் கதிரவனின் இயக்கம், காலம் காட்டும் கடிகாரமாகத் திகழ முடியாததற்குக் காரணம் அதன் வல ஏற்றம் சீராக மாறுவதில்லை.

இதற்கு இரு வகைக் காரணங்கள் உண்டு.

(i) மையப் பிறழ்ச்சி விளைவு : சூரியனைச் சுற்றிவரும் பூமியின் பாதை வட்டமாக இல்லாமல் ஒரு நீள்வட்டமாக அமைதல்

(ii) பாதைச் சாய்வு விளைவு : இரண்டாவது காரணம் சூரியனின் பாதை வானநடுவரையுடன் கொண்டுள்ள சாய்வாகும். இக்காரணங்களின் விளைவை கவனிப்போம்.

(i) சூரியனைச் சுற்றிவரும் பூமியின் பாதை நீள்வட்டமாக இருப்பதால் சூரியனிலிருந்து பூமியின் தூரம் மாறுகிறது. ஆகவே அதன் சுற்றுவேகமும் மாறுகிறது. அது அண்மை நிலையில் இருக்கும்போது வெகுவேகமாகவும் சேய்மை நிலையில் உள்ளபோது மெள்ளவும் செல்கிறது. அதனால், அதன் நெட்டாங்கு ஒரு சீராக மாறுவதில்லை. ஆனால், இயக்கவிடைக் கதிரவனின் நெட்டாங்கு ஒரு சீராக மாறு கிறது. எனவே இயக்கவிடைக் கதிரவன், நெட்டாங்கு l க்கும், உண்மை (தோற்றக்)கதிரவன் நெட்டாங்கு $\odot$க்கும் வேறுபாடு ஏற்படுகிறது. இந்த வேறுபாடு $(l - \odot)$ ஆகும். இதை E_1 எனக் குறிப்போம். இந்த வேறுபாடு மையப்பிறழ்ச்சி காரணமாக ஏற்படுகிறது.

(ii) சூரியப்பாதை வானநடுவரைக்கு $23\frac{1}{2}°$ கோணச்சாய்வில் உள்ளது. ஆகவே உண்மைக் கதிரவனின் நெட்டாங்கும் அதன் வல ஏற்றமும் வேறுபடும்.

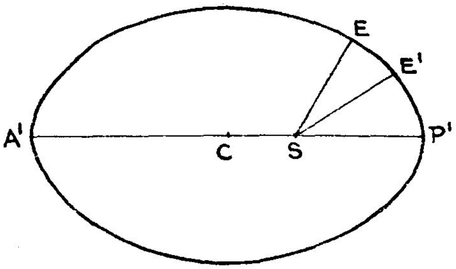
இந்த வேறுபாடு $(\odot - \alpha)$ ஆகும். இதை E_2 எனக் குறிப்போம்.

காலக் குறைநிறைச் சமன்பாடு $= E_1 + E_2$ ஆகும்.

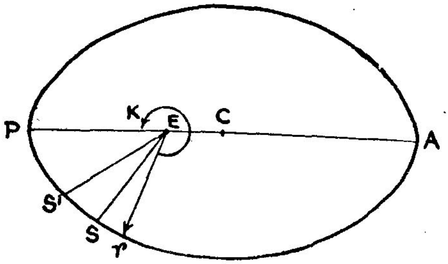
6. இயக்கவிடைக் கதிரவனின் நெட்டாங்கு, உண்மைக் கதிரவனின் நெட்டாங்கு, ஆகியவற்றிற்கு உள்ள தொடர்பு ; E_1, E_2 மதிப்பைக் காணல்.

படம் (i) சூரியனைச் சுற்றிவரும் பூமியின் பாதையைக் குறிக்கிறது.

படம் (ii) நமக்குத் தினமும் தோன்றுவதுபோல பூமியைச் சுற்றிச் சூரியனின் பாதையைக் குறிக்கிறது.



படம் 22-1 (i)



படம் 22-1 (ii)

S என்பது சூரியனையும், S' என்பது இயக்கவிடைக் கதிரவனையும் குறிக்கிறது. முன்பு கூறியதுபோல உண்மைக் கதிரவன் அண்மை நிலையிலும், சேய்மை நிலையிலும் உள்ள போது இயக்கவிடைக் கதிரவனும் அண்மை நிலையிலும் சேய்மை நிலையிலும் உள்ளது. ஆனால் இது சீரான கோண வேகத்துடன் உண்மைக் கதிரவன் பாதையிலேயே அதன் கால வட்டத்திலேயே அப்பாதையை ச்சரியாக ஒரு முறை சுற்றுகிறது.

படம் (i)ல் E'க்கு ஒத்த புள்ளி S' ஆகும்.

மேலும் படம் (ii)ல் $\angle PES'$ = படம் (i)ல் உள்ள $\angle P'SE'$ = m சராசரிப் பிறழ்ச்சி (mean anomaly)

" $\angle PES$ = படம் (i)ல் உள்ள $\angle P'SE = v$, இயல்புப் பிறழ்ச்சி (True anomaly).

இனி, $\angle \gamma ES$ = உண்மைக் கதிரவனின் நெட்டாங்கு $\odot$ ஆகும்.

$\angle \gamma ES'$ = இயக்கவிடைக் கதிரவனின் நெட்டாங்கு l ஆகும்.

$v = \angle P'SE = \angle PES = \angle \gamma ES - \angle \gamma EP = \odot - k$
(k என்பது Pயின் நெட்டாங்கு)

$m = \angle P'SE' = \angle PES' = \angle \gamma ES' - \angle \gamma EP = l - k$

$\therefore \quad v - m = \odot - l$

ஆனால், $v = m + 2e \sin m + \frac{5}{4} e^2 \sin 2m + \ldots$ ஆகும்.

$\therefore \quad v - m = 2e \sin m + \frac{5}{4} e^2 \sin 2m + \ldots\ldots$

$\therefore \quad \odot - l = 2e \sin m + \frac{5}{4} e^2 \sin 2m + \ldots\ldots$

$\therefore \quad l - \odot = -2e \sin m - \frac{5}{4} e^2 \sin 2m - \ldots\ldots$

$= -2e \sin (l-k) - \frac{5}{4} e^2 \sin 2(l-k)$

(அ-து) $l - \odot = -\underline{2e \sin (l-k)}$ தோராயமாக

$= -2 \times \frac{1}{60} \sin (l-k)$ ஆரையன்கள்,

$\left[e = \frac{1}{60} \text{ ஆதலால்} \right]$

$= -\frac{2}{60} \sin (l-k) \times \frac{180^\circ}{\pi}$

$= -\frac{2}{60} \times \frac{180}{\pi} \times \frac{1}{15} \sin (l-k)$ மணிகள்

$= -\frac{2}{5\pi} \sin (l-k)$ மணிகள்

$= -7$ நி. $67 \sin (l-k)$

$= -460 \cdot 2$ வி. $\sin (l-k) = E_1$

இனி $E_2 = \odot - a$

நாம் ஏற்கெனவே, $\tan a = \cos\omega \tan \odot$ எனப் பார்த்திருக்கிறோம். இதை $\tan a = \cos\omega\tan(\odot - a + a)$ என எழுதிக் கொண்டு, டெய்லர் தேற்றப்படி வலப்பக்கத்தை விரிக்க நாம் பெறுவது

$$\tan a = \cos\omega\tan(a + \overline{\odot - a})$$

$$= \cos\omega\,[\tan a + (\odot - a)\sec^2 a \ldots\ldots],$$

$\{f(x+h) = f(x) + hf'(x) + \ldots\ldots$ டெய்லர் தேற்றம்$\}$

$$= \frac{1-\tan^2\frac{\omega}{2}}{1+\tan^2\frac{\omega}{2}}\,[\tan a + (\odot - a)\sec^2 a \ldots\ldots]$$

$$\left(1+\tan^2\frac{\omega}{2}\right)\tan a = \left(1-\tan^2\frac{\omega}{2}\right)\tan a + (\odot - a)\sec^2 a$$
$$-\tan^2\frac{\omega}{2}(\odot - a)\sec^2 a$$

இப்போது, $(\odot - a)$ சிறியது, $\tan^2\frac{\omega}{2} = \cdot 04307 = \frac{1}{23}$ ஏறக்குறைய

$\therefore$ $(\odot - a)\tan^2\frac{\omega}{2}$ மற்ற உறுப்புகளைக் கருதும்போது, மிகச் சிறியதாகும். ஆகவே இந்த உறுப்பை ஒதுக்கி, நாம் பெறுவது

$$\left(1+\tan^2\frac{\omega}{2}\right)\tan a = \left(1-\text{tna}^2\frac{\omega}{2}\right)\tan a + (\odot - a)\sec^2 a$$

$$\therefore\ (\odot - a)\sec^2 a = 2\tan^2\frac{\omega}{2}\tan a$$

$$\therefore\ \odot - a = 2\tan^2\frac{\omega}{2}\tan a\cos^2 a = \tan^2\frac{\omega}{2}\sin 2a$$

$$\therefore\ \odot - a = \tan^2\frac{\omega}{2}\sin 2l \qquad [\because\ l \approx a]$$

$\therefore\ E_2 = (\odot - a) = \tan^2\frac{\omega}{2}\sin 2l$ ஆரையன்கள்

$= \frac{12}{\pi}\tan^2\frac{\omega}{2}\sin 2l$ மணிகள்

$= 9$ நி. $87\sin 2l$

எனவே மொத்தக் காலக் குறைநிறைச் சமன்பாடு

$$E = E_1 + E_2 = -2e \sin (l - k) + \tan^2 \frac{\omega}{2} \sin 2l$$

$$= -7 \cdot 67 \text{ நி.} \sin (l - k) + 9 \cdot 87 \text{ நி.} \sin 2l$$

$$= -460 \cdot 2 \text{ வி.} \sin (l - k) + 592 \cdot 3 \text{ வி.} \sin 2l.$$

7. காலக் குறைநிறைச் சமன்பாடு ஓராண்டில் நான்கு முறை பூச்சியமாகிறது

காலக் குறைநிறைச் சமன்பாடு

$$E = -7 \cdot 67 \text{ நி.} \sin (l-k) + 9 \cdot 87 \text{ நி.} \sin 2l$$

இங்கு k என்பது கதிரவன் அண்மை நிலை நெட்டாங்கினைக் குறிக்கும். kன் மதிப்பு $= 283°$. lன் மதிப்பு $0°$ முதல் $360°$ வரை மாறுகிறது.

எனவே E என்பது l என்ற மாறியின் சார்பாகும்.

$\therefore \quad E(0) = -7 \cdot 67$ நி $\sin (-283°) + 9 \cdot 87$ நி $\sin 0$

$= 7 \cdot 67$ நி $\sin 283° = 7 \cdot 67 \sin (-77°)$

$= -7 \cdot 67$நி $\sin 77°$

$=$ குறை மதிப்பு $(-ve)$

$E(45°) = -7 \cdot 67$நி $\sin (45° - 283°) + 9 \cdot 87$ நி $\sin 90°$

$= -7 \cdot 67$ நி $\sin (-238°) + 9 \cdot 87 = 7 \cdot 67 \sin 238 + 9 \cdot 87$

$= 7.67 (-\sin 58°) + 9 \cdot 87 = 9 \cdot 87 - 7 \cdot 67 \sin 58°$

$=$ கூட்டு மதிப்பு $(+ve)$

$E(90°) = -7 \cdot 67$நி $\sin (90° - 283°) + 9 \cdot 87$நி $\sin 180°$

$= -7 \cdot 67$ நி $\sin (-193°) = 7 \cdot 67 \sin 193°$

$= -7 \cdot 67 \sin 13° =$ குறை மதிப்பு $(-ve)$

$E(180°) = -7 \cdot 67$நி $\sin (180° - 283°) + 9 \cdot 87$நி $\sin 360°$

$= -7 \cdot 67$நி $\sin (-103°) = 7 \cdot 67$நி $\sin 103°$

$= 7 \cdot 67$ நி $\cos 13°$

$=$ கூட்டு மதிப்பு $(+ve)$

$E(360°) = -7 \cdot 67$ நி $\sin (360° - 283°) + 9 \cdot 87$நி $\sin 720°$

$= -7 \cdot 67$நி $\sin 77° =$ குறை மதிப்பு $(-ve)$

எனவே l ஆனது 0°க்கும் 45° க்கும் இடையில் ஏதாவதொரு மதிப்பேற்கும்போது, Eன் மதிப்பு பூச்சியமாக வேண்டும். இதே போல் Eன் மதிப்பு நான்கு முறை பூச்சியமாகும்.

$E = 0$ ஆகும்போது, சூரியனின் சராசரி நெட்டாங்கு l_1, l_2, l_3, l_4 எனின்

$$0 < l_1 < 45° < l_2 < 90° < l_3 < 180° < l_4 < 360°$$

8. காலச் சமன்பாட்டின் வரைபடம் (Graph of the Equation of Time)

காலக் குறைநிறைச் சமன்பாடு $E = E_1 + E_2$
$= -7{\cdot}67$நி $\sin (l - 283°) + 9{\cdot}87$நி $\sin 2l$

lன் பல்வேறு மதிப்புகளுக்கு Eன் மதிப்பைக் கணக்கிட்டுப் பின் வரும் அட்டவணை தயாரி :

தேதி	l	E_1	E_2	E
		(நிமிடங்களில்)		
மார்ச் 21	0°	− 7·54	0	− 7·54
மே 5	45°	− 6·37	+ 9·87	+ 3 50
ஜூன் 21	90°	− 1·47	0	− 1·47
ஆகஸ்ட் 5	135°	+ 4·30	− 9·87	− 5·57
செப்டம்பர் 23	180°	+ 7·54	0°	+ 7·54
நவம்பர் 7	225°	+ 6·37	+ 9·87	+ 16·24
டிசம்பர் 22	270°	+ 1·47	0	+ 1·47
பிப்ரவரி 5	315°	− 4·30	− 9·87	− 14·17

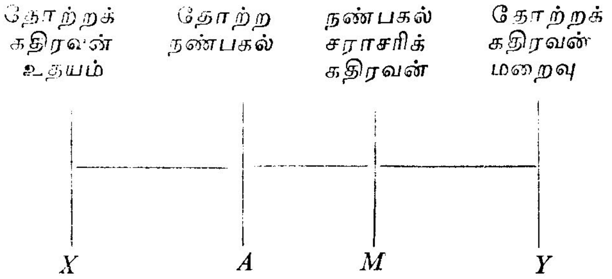
X அச்சில் தேதிகளையும் Y அச்சில் Eன் மதிப்புகளையும் இடங்குறித்து வரைபடம் வரையவும். Eன் மதிப்புகள் பூச்சியமாகும் தேதிகள் ஏறத்தாழ (i) ஏப்ரல் 16, (ii) ஜூன் 14, (iii) செப்டம்பர் 2, (iv) டிசம்பர் 25 எனச் சோதித்துப்பார்.

குறிப்பு : Eன் மதிப்பு ஓராண்டுக் காலத்தில் — 14·25 நி. முதல் 16·25 நிமிடம் வரை ஏற்றத் தாழ்வுகள் அடைகிறது எனச் சோதித்துப் பார்க்கவும்.

9. காலை நேர அளவு—மாலை நேர அளவு = $2E$

தோற்றக் கதிரவன் உதயத்திற்கும் சராசரிக் கதிரவன் நண்பகலுக்கும் உள்ள நேரம் காலை நேரமென்றும், சராசரிக் கதிரவன் நண்பகலில் இருந்து தோற்றக் கதிரவன் மறைவுக்கும் உள்ள நேரம் மாலை நேரமென்றும் வரையறுக்கப்படுகின்றன.

தோற்ற நண்பகல் என்பது தோற்றக் கதிரவன் உதயத்திற்கும் தோற்றக் கதிரவன் மறைவுக்கும் உள்ள மைய நேரமாகும். எனவே தோற்றக் கதிரவன் உதயத்திலிருந்து தோற்ற நண்பகலுக்குள்ள நேரம், தோற்ற நண்பகலிலிருந்து தோற்றக் கதிரவன் மறைவுக்குள்ள நேரத்திற்குச் சமம்.



X, A, M, Y என்ற புள்ளிகள் முறையே தோற்றக் கதிரவன் உதயம், தோற்ற நண்பகல், சராசரிக் கதிரவன் நண்பகல், தோற்றக் கதிரவன் மறைவுகளைக் குறிக்கட்டும்.

இப்போது

$XA = AY$ (1)

$XM =$ காலை நேர அளவு (2)

$MY =$ மாலை நேர அளவு (3)

∴ காலை நேர அளவு — மாலை நேர அளவு $= XM - MY$

$$= (XA + AM) - (AY - AM)$$
$$= 2AM$$
$$= 2E$$

10. பருவங்கள் (Seasons)

படத்தில் உள்ள நீள்வட்டம் கதிரவனின் தோற்றப் பாதையைக் குறிக்கிறது.

ஆண்டினை நான்கு பருவங்களாகப் பிரித்துள்ளனர். கீழே உள்ள படம் அவற்றைப் பற்றிய விவரங்களை விளக்குகிறது.

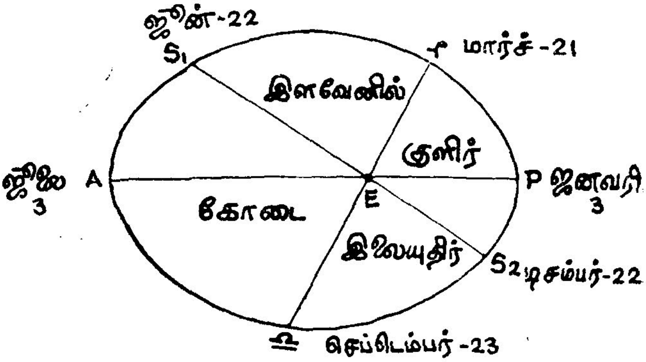
இனி ஒவ்வொரு பருவமும் எவ்வளவு காலம் நீடிக்கிறதெனக் கணக்கிடலாம். கெப்ளரின் இரண்டாவது விதிப்படி பரப்பு வேகம் சீரானதாதலின் நான்கு பருவங்களும் அந்நான்கு பரப்புப் பகுதிகளுக்கு விகித சமத்தில் இருக்கும்.

எனவே,

$$\frac{\text{இளவேனில்}}{\text{பரப்பு } \gamma ES_1} = \frac{\text{கோடை}}{\text{பரப்பு} S_1 E\simeq} = \frac{\text{இலையுதிர்}}{\text{பரப்பு}\simeq ES_1} = \frac{\text{குளிர்}}{\text{பரப்பு } S_2 E\gamma}$$

$$= \frac{Y}{\text{நீள்வட்டத்தின் பரப்பு}}$$

இங்கு Y என்பது நான்கு பருவங்களின் கூட்டுக்காலமாகிய ஓர் ஆண்டிலுள்ள நாள்களைக் குறிக்கும்.



படம் 22-2

தோற்றக் கதிரவனின் நெட்டாங்குகள் $0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2}, 2\pi$ ஆக இருக்கும்போது இயக்க விடைக் கதிரவனின் நெட்டாங்குகள் முறையே l_0, l_1, l_2, l_3, l_4 எனக் கொள்வோம்.

இளவேனிற் கால நீடிப்பு இயக்கவிடைக் கதிரவன் சீரான கோண வேகத்தில் தனது நெட்டாங்கை l_0விருந்து l_1 ஆக அதிகரிக்க எடுத்துக்கொள்ளும் காலம். இயக்கவிடைக் கதிரவனின் சீரான கோண வேகம் $= \frac{2\pi}{y}$

$\therefore$ இளவேனிற் கால நீடிப்பு $= \frac{(l_1 - l_0)\, y}{2\pi}$ நாள்கள்

இப்போது $l - \odot = -2e \sin(l-k)$ என அறிவோம்.

இதை $l - \odot = -2e \sin(\odot - k)$ எனத் தோராயமாகக் கொள்ளலாம்.

$\therefore l = \odot - 2e \sin(\odot - k)$

$\odot = 0$ ஆகும்போது, $l = l_0 \quad \therefore l_0 = 2e \sin k$

$\odot = \frac{\pi}{2}$,, $l = l_1 \quad \therefore l_1 = \frac{\pi}{2} - 2e \sin \left(\frac{\pi}{2} - k\right) = \frac{\pi}{2} - 2e \cos k$

$\therefore$ இளவேனிற்கால அளவு

$$= \frac{(l_1 - l_0)\,y}{2\pi}$$

$$= \frac{y}{2\pi}\left[\frac{\pi}{2} - 2e\ (\sin k + \cos k)\right] \text{ நாள்கள்}$$

$= 92$ நாள்கள் 20·2 மணிகள்

$[y = 365{\cdot}2422,\ k = 283°;\ e = 0{\cdot}01674]$

கோடைக்கால அளவு

$$= \frac{l_2 - l_1}{2\pi}\,y = \frac{y}{2\pi}\left[\frac{\pi}{2} - 2e\ (\sin k - \cos k)\right] \text{ நாள்கள்}$$

$= 93$ நாள்கள் 14·4 மணிகள்

இலையுதிர்கால அளவு

$$= \frac{l_3 - l_2}{2\pi}\,y = \frac{y}{2\pi}\left[\frac{\pi}{2} + 2e\ (\sin k + \cos k)\right] \text{ நாள்கள்}$$

$= 89$ நாள்கள் 18·7 மணிகள்

குளிர்கால அளவு

$$= \frac{l_4 - l_3}{2\pi}\,\pi = \frac{y}{2\pi}\left[\frac{\pi}{2} + 2e\ (\sin k - \cos k)\right] \text{ நாள்கள்}$$

$= 89$ நாள்கள் 0·5 மணிகள்

அன்றியும், பூமியின் வட கோளத்தில் பருவங்கள் இளவேனில், கோடை, இலையுதிர், குளிர் காலங்களாக இருக்கும்போது, தென்கோளப் பகுதியில் அப்பருவங்கள் முறையே இலையுதிர், குளிர், இளவேனில், கோடைக் காலங்களாக இருக்கும்.

11. வெப்ப அளவு

ஒரு நாள் சூரியன் தொடுவானத்திற்கு மேல் நீண்ட நேரம் இருக்குமானால், அன்று வெப்பம் அதிகமாக இருக்கும்.

மேலும் சூரியனின் உச்சிவட்ட ஏற்ற கோணம் (meridian altitude) அதிகமாக இருப்பின், சூரியனின் கதிர்கள் செங்குத்தாக விழும். ஆகவே வெப்பம் அதிகமாக இருக்கும்.

மூன்றாவதாக சூரியன் பூமிக்கு அண்மையில் இருக்குமானால், அன்று வெப்பம் அதிகமாக இருக்கக் காரணமுண்டு.

வட கோளப் பகுதியில் கோடைக் காலத்தில், சூரியன் முதல் இரண்டு காரணங்களால் அதிக வெப்பம் கொடுக்கிறான். அகலாங்கு ϕ உள்ள இடத்தில், சூரியனின் உச்சி கடக்கும் ஏற்ற கோணம் $= 90 - \phi + \delta$ ஆகும். கோடைக் காலத்தில் δன் மதிப்பு மிகை இராசியாக இருக்கிறது. ஆகவே, சூரியன் கதிர்கள் செங்குத்தாக விழும்.

ஆனால் கோடையில் சூரியன், பூமியிலிருந்து அதிக தூரத்தில் இருப்பினும், பூமியின் பாதையின் குவிமையப் பிறழ்வு சிறியது $\frac{1}{60}$ ஆதலால், இதனால் ஏற்படும் வெப்பக் குறைவு முதல் இரண்டு காரணங்களால் ஏற்படும் வெப்ப உயர்வை பாதிக்க முடியவில்லை.

ஆகவே பூமியில் வட கோளத்தில் கோடைக் காலத்தில் வெப்பம் அதிகமேற்படுகிறது.

பூமியின் தென் பகுதியில் கோடைக் காலத்தில் மேற்கூறிய இரண்டு காரணங்களல்லாமல், மூன்றாவது காரணமும் அனுகூலமாகவே இருக்கிறது. ஏனெனில், பூமியின் தென் பகுதியில் கோடைக் காலத்தில் சூரியன் பூமிக்கு அருகிலும் இருக்கிறான். ஆகவே, பூமியின் வடகோளப் பகுதியில் கோடைக் காலத்தை விடத் தென்கோளப் பகுதியில் அதிக வெப்பம் ஏற்பட வாய்ப்புள்ளது. ஆனால், தென்கோளப் பகுதி நீர் நிறைந்த பகுதியாதலின், நிலம் நிறைந்த வடகோளப் பகுதியைப் போல் வெப்பமாவதில்லை.

இனி, பூமியின் வடகோளத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் பருவ நிலைகள் மாறுவதைக் கவனிப்போம்.

மார்ச் 21ஆம் தேதி, சூரியன் γ புள்ளியைக் கடப்பதிலிருந்து ஜுன் 22 வரை இளவேனிற்காலம். இம் மூன்று மாதத்தில் சூரியனது நடுவரை விலக்கம் 0° முதல் $23\frac{1}{2}$° (ω) வரை உயருகிறது.

ஜுன் 22 முதல் செப்டம்பர் 23 வரை வேனிற்காலம். இப்பொழுது சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் $23\frac{1}{2}$°லிருந்து 0° ஆகக் குறைகிறது.

இதிலிருந்து இளவேனிற்காலத்திலும், வேனிற்காலத்திலும் உள்ள சராசரி வெப்பநிலைகள் சமமாக இருக்கலாம் என முடிவுக்கு வர இடமிருக்கிறது.

ஆயினும், இது உண்மை நிலைக்குப் புறம்பானது. ஏனெனில், இளவேனிற்காலத்திற்கு முன்புள்ள குளிர்காலத்தில் குளிர்ந்த பூமி சூடு பிடிக்கக் காலமாகிறது. மெள்ள, மெள்ளதான் வெப்பம் அதிகமாகிறது. ஜுன் 22ஆம் தேதி மீப்பெரு பகல் காலத்துடன், சூரியனின் ஏற்ற கோணமும் $90 - \phi + \omega$ என மீப்பெரு மதிப்பை அடைகிறது. அன்று அதிவெப்பமான நாளாயினும், அன்றுதான் மீப்பெரு வெப்ப நாள் (The hottest day) என்று கூறிவிட முடியாது. இதற்குப் பின்பும்கூட அவ்விடம் பகலில் பெறும் வெப்பம் இரவில் இழக்கும் வெப்பத்தைவிடத் தொடர்ந்து மிகுதியாகவே இருக்கும் காரணத்தால், ஏறக்குறைய ஆகஸ்ட் முதல் வாரத்தில்தான் மீப்பெரு வெப்பநாள் வரும்.

இதேபோல், டிசம்பர் 22ஆம் நாள் மீச்சிறு பகற்பொழுதும் மீப்பெரு இராப்பொழுதும் பெற்றிருப்பினும் அதுதான் மிகக் குளிர்ந்த நாள் என்று சொல்வதற்கில்லை. டிசம்பர் 22ஆம் நாளுக்குப் பின்பும் பூமி இழக்கும் வெப்பம் பூமி பெறும் வெப்பத்தைவிட அதிகமாகவே இருக்கும். இந்நிலை தொடர்ந்து நீடித்து பிப்ரவரி முதல் வாரத்தில் மிகக் குளிர்ந்தநாள் ஏற்படும்.

ஆகவே வடகோளத்தில், இளவேனிற்காலத்தைவிட வேனிற்காலம் அதிக வெப்பமாக அமைகிறது. மற்றும் ஜுன் 22ஆம் தேதி மீப்பெரு பகல்நேரம் கொண்ட நாளாயினும் மீப்பெரு வெப்பமுடைய நாளாக அமையவில்லை.

இதேபோல், இலையுதிர் காலத்தைவிடக் குளிர்காலத்தில்தான் குளிர் அதிகம். மேலும், டிசம்பர் 22ஆம் நாள் மீச்சிறு பகற்பொழுதுடையதாயினும், அது மீப்பெரு குளிர்ந்த நாளாகாது.

இதற்கு எதிர்மாறாக, பூமியின் தென்கோளத்தில் பிப்ரவரி முதல் வாரத்தில்தான் மீப்பெரு வெப்பமுடைய காலமும், ஆகஸ்ட் முதல் வாரத்தில்தான் மீப்பெரு குளிர்காலமும் நிலவும்.

மித வெப்ப மண்டலங்களில் (Temperate zones) (அ-து) கடகரேகைக்கும், மகரரேகைக்கும் இடைப்பட்ட பகுதிகளில் பருவங்கள் காரணமாகத் தட்ப வெப்ப நிலைகளில் பெரிதும் மாற்றங்கள் ஏற்படுவதில்லை.

குளிர்மண்டலங்களில், ($\phi > 66\frac{1}{2}°$) ஆண்டு முழுவதுமே சூரியனின் தினசரிப் பாதை தொடுவானம் பக்கமாகவே அதிகம் சாய்ந்திருப்பதால், நண்பகலில்கூட சூரியன் மிகத் தாழ்ந்தே காணப்படுவான். நிலைத்த பகற்காலங்களில்கூடச் சூரியன் வெப்பம் அதிகமிராது. ஆனால் நிலைத்த இரவுக் காலங்களில் குளிர் மிகமிக அதிகமாக இருக்கும்.

ϕ அகலாங்குள்ள இடத்தில் பகற்பொழுது $= \frac{2h}{15}$ மணிகள் ஆகும். இங்கு h என்பது $\cos h = -\tan\phi \tan\delta$ என்னும் சமன்பாட்டிலிருந்து பெறப்படுகிறது. ஆகவே பகற்பொழுது δன் மதிப்பைச் சார்ந்திருக்கிறது. மேலும் சூரியனின் உச்சி வரை ஏற்றம் $= 90 - \phi + \delta$ ஆதலால், சூரியனின் ஏற்றமும் δவை தான் சார்ந்திருக்கிறது. ஆகவே ஓர் இடத்தில் உள்ள வெப்ப அளவை நிர்ணயிக்கும் இரு காரணங்களும் δ வை ஆதாரப் பட்டிருக்கின்றன. ஆகவே பூமியின் சுழலச்சு அதன் பாதைக்குச் செங்குத்தாக இருப்பின், (அ-து) நடுவரை சூரியப் பாதையுடன் பொருந்தினால், வருடம் பூராவும் நடுவரை விலக்கம் பூச்சிய மாகவே இருக்கும். எல்லா இடங்களிலும், பகற்பொழுதும் இராப்பொழுதும் சமமாக இருக்கும். மேலும் எந்த இடத்திலும் சூரியனின் உச்சிவரை ஏற்றம் $90 - \phi$ ஆகவே இருக்கும். ஆகவே வெப்ப நிலையை நிர்ணயிக்கும் ஒரே காரணம் பூமியில் இருந்து சூரியனின் தூரம் மட்டுமே ஆகும். வடகோளத்தில் உள்ள ஓர் இடத்திற்குச் சூரியன் மாரித் திருப்புபுள்ளி (winter solstice) S_2 விலிருந்து γ வரும் வரை மிக அண்மையில் இருப்பான். அப் பொழுதுதான் கோடைக் காலமாகும். கோடைத் திருப்புபுள்ளி (summer solstice) S_1 விருந்து $\simeq$ வரும்வரை மிக அதிக தூரத்தில் இருப்பான். அக்காலப் பொழுதே குளிர்காலமாகும். ஆகவே, இப்பொழுதுள்ள குளிர்காலம் கோடைக்காலமாகவும், இப்பொழுதுள்ள கோடைக் காலம் குளிர் காலமாகவும் மாறும்.

மீப்பெரு வெப்பநாள் ஜனவரி 3ஆம் தேதியாகும். மீப்பெரு குளிர்நாள் ஜுலை 3ஆம் தேதி. எனவே, சூரியப் பாதையின் சாய்வு பூச்சியமானால், பருவகாலங்கள் தலைகீழாக மாறும்.

பயிற்சி

1. ஒரு நாள் சூரியன் உதயம் 5 மணி 59 நி; அன்று $E = 4$ நி. 9 வி. எனில், சூரியன் மறைதல் காலம் என்ன ?

   [விடை 5 மணி 52 நி 42 செ.]

2. ஒரு நாள் சூரியன் உதயம், மறைவு முறையே காலை 5 மணி 26 நி. 40 செ. மாலை 6 மணி 4 நி. 20 செ. அன்று Eன் மதிப்பென்ன ? [14 நி 30 செ.]

3. சூரியன் மறைவு 18 மணி 29 நி. அன்று $E = -4$ நி. 30 செ. சூரியன் உதய காலம் என்ன ?

   [காலை 5 மணி 40 நி.]

4. கீழ்க் காண்பனவற்றிற்குக் காரணம் கூறுக.

   (i) குளிர் காலத்தில் பூமி சூரியனுக்கு மிக அண்மையில் இருந்தபோதிலும், வட கோளத்தில் கோடைக் காலம் குளிர்காலத்தைவிட அதிக வெப்பமாக உள்ளது.

   (ii) சூரியனின் தினசரிப் பாதைகள் இளவேனிற் காலத்திலும், கோடைக் காலத்திலும் ஒன்றே ஆயினும் கோடைக் காலம் இளவேனிற் காலத்தைவிட அதிக வெப்பமாக இருக்கிறது.

   (iii) சூரியனின் தினசரிப் பாதைகள் இலையுதிர் காலத்திலும், குளிர் காலத்திலும் ஒன்றே ஆயினும், குளிர் காலத்தில் இலையுதிர் காலத்தைவிட அதிகக் குளிர் காணப்படுகிறது.

   (iv) மீப்பெரு பகற்பொழுதுள்ள நாள் மீப்பெரு வெப்பமுள்ள நாளாகாது. மீச்சிறு பகற்பொழுதுள்ள நாள் மிகக் குளிர்ந்த நாளாகாது.

   (v) தென் ஆப்பிரிக்காவில், தெற்கு அகலாங்கு 20° முதல் 35° வரை உள்ள பிரதேசங்களில் டிசம்பர் மாதம் மிக வெப்ப மாதங்களில் ஒன்றாகும்; மற்றும் துருவ நட்சத்திரம் தென்படுவதே இல்லை.

23. காலக்கணிப்பு முறை—பஞ்சாங்கம்—நேரமாற்றம்

(TIME—CALENDAR—CONVERSION OF TIME)

1. இடத்திற்கேற்ப ஊர்ப்பொழுதின் மாறுபாடு

பூமியின்மேல், பூமியின் நடுவரையை முதனிலை வட்டமாக வும், கிரீன்விச் வழியாகச் செல்லும் குத்துவட்டத்தை நிலைத்த துணைக்குத்துவட்டமாகவும் கொண்டு ஓரிடத்தின் நெட்டாங் கும் (Terrestial longitude) அகலாங்கும் (latitude) அவ்விடத்தை இடங்குறிக்கும் ஆயத்தொலைகள் ஆகும்.

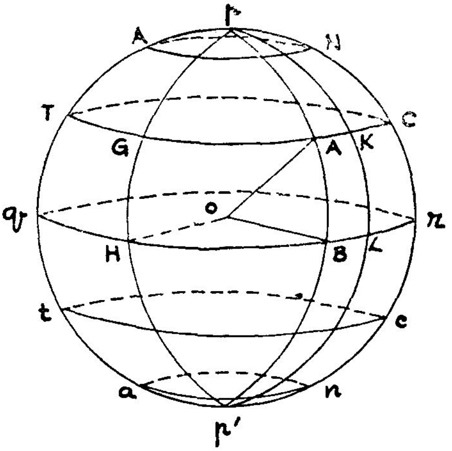
ஓர் இடத்தின் வழிச் செல்லும் தீர்க்கரேகைக்கு (Terrestial longitude) நேர்மேலே இருப்பது அந்த இடத்தின் வான உச்சி வரை. பூமி மேற்கிலிருந்து கிழக்காகச் சுற்றுவதால் கிழக்கே உள்ள இடங்களுக்கு நேர்மேலே சூரியன் முதலில் தென்படும். பூமி தன்னைத்தானே 24 மணி நேரத்தில் ஒரு முறை (அ-து) 360° சுற்றுவதால் 1 மணிக்கு 15° சுற்றுகிறது. ஆகவே 1° சுற்ற 4 நிமிடங்கள் எடுத்துக்கொள்கிறது. இதனால் பூமியின் தீர்க்க ரேகையின் ஒவ்வொரு டிகிரியும் 4 நிமிடங்களுக்கு ஒன்றாகச் சூரியனுக்கு நேர்கீழே வரும்.

ஓர் ஊரில் வான உச்சிவரையில் சூரியன் தோன்றும்போது அதை நண்பகல் என்று வைத்துக்கொண்டு காலத்தைக் கணக்கிட்டு நேரத்தைச் சொல்வது அந்த இடத்தின் ஊர்ப்பொழுது (local time) எனப்படும்.

A என்ற ஓர் ஊருக்கு மேற்காக x° தீர்க்கரேகை வித்தி யாசத்தில் *B* என்ற ஊர் இருப்பதாக வைத்துக்கொண்டால், *A*க்கு நண்பகல் கழிந்து $4x$ நிமிடங்கள் பிறகே *B*யில் நண்பக லாக இருக்கும். ஆகவே ஒரே நேரம், முதல் ஊரில் 12 மணியாக இருக்கும்போது, அதற்கு மேற்கே உள்ள ஊரில் முற்பகலாகவும்,

கிழக்கே உள்ள ஊரில் பிற்பகலாகவும் இருக்கும். இவ்வாறு கிழக்கே உள்ள இடங்களின் ஊர்ப்பொழுது மேற்கே உள்ள இடங்களின் ஊர்ப்பொழுதுச்கு ஒரு டிகிரி தீர்க்கரேகை வித்தியாசத்திற்கு 4 நிமிடம் முன்னதாக இருக்கும்.

இங்கிலாந்தில் உள்ள கிரீன்விச் (Greenwhich) வான நிலையத்தின் தொலைநோக்கியின் அச்சு 0° தீர்க்கரேகைத் தளமாகக் கொள்ளப்படுகிறது. முன்னர் தொலைநோக்கி வழியாக விண்மீன்களைக் கண்ணால் பார்த்துக் கடிகாரம் சரிபார்த்தனர். இப்போது மின்விசையால் சற்றும் பிசகாமல் நாழிகை அறிகிறார்கள். இவ்வாறு சரிபார்த்த கடிகாரங்களின் உதவியால் அவ்வப்போது கிரீன்விச் சராசரி நேரத்தை பி. பி. சி. வானொலி நிலையம் உலகெங்கும் ஒலிபரப்புகிறது. அதன்படி உலகெங்கும் நேரம் சரிபார்க்கப்படும்.



படம் 23-1

பூமி மேற்கிலிருந்து கிழக்காக *pp′* ஆகிய துருவ அச்சை மையங்கொண்டு தினந்தோறும் ஒரு முழுச்சுற்றுச் சுற்றிவரும் போது ஏதாமொரு விண்பொருள் *K* தீர்க்கரேகையின்மேல் உள்ள இடங்களில் முதலில் உச்சிகடக்கும். இதன் பிறகு *A* தீர்க்கரேகையின்மேல் உள்ள இடங்களில் உச்சிகடக்கும். இதற்கும் சற்றுப் பின்புதான் *G* (கிரீன்விச்) தீர்க்கரேகையின்மேல் உள்ள இடங்களில் உச்சிகடக்கும்.

இனி $\angle KpA = l°$ என்க

γ ஆனது Kன் உச்சிவரை கடக்கும்போது அத்தீர்க்கரேகையில் உள்ள எல்லா இடங்களுக்கும் மீன்வழி நேரம் 0ம 0நி 0வி ஆகும்.

γஐ ஒட்டி எந்த தீர்க்கரேகையும் 24 மணி நேரத்தில் 360° சுற்றுகிறது. (அ-து) 1 மணி நேரத்தில் 15° சுற்றுகிறது. ஆகவே Kன் தீர்க்கரேகையிலிருந்து Aயின் தீர்க்கரேகைக்கு வர γவிற்கு ஆகும் நேரம் $= \frac{l}{15}$ மீ. வ மணிகளாகும்.

(அ-து) Aயின் மீன்வழி நேரம் தொடங்கும்போது, Kயில் $\frac{l}{15}$ மீன்வழி மணிகளாகும்.

ஆகவே, இதற்குபின் எத்தருணத்திலும்,

Kயில் (ஊர்ப்பொழுது) மீன்வழி நேரம்

$= A$யில் (ஊர்ப்பொழுது) மீன்வழி நேரம்

$+ \frac{l}{15}$ மீன்வழி மணிகள்

இதேபோல் சராசரிக் கதிரவனைப்பற்றி எந்த ஒரு தீர்க்கரேகையும் 24 சராசரிக் கதிரவன் மணிகளில் 360° சுற்றுகிறது. ஆகவே, சராசரிக் கதிரவன் Kயின் தீர்க்கரேகைக்கு வருவது, Aயின் தீர்க்கரேகைக்கு வருவதற்கு, $\frac{l}{15}$ மணிகள் முன்பு ஆகும்.

எனவே,

Kயில் சராசரிக் கதிரவன் ஊர்ப்பொழுது

$= A$யில் சராசரிக் கதிரவன் ஊர்ப்பொழுது

$+ \frac{l}{15}$ மணிகள்

இதே தொடர்பு தோற்றக் கதிரவன் வழி நேரத்திற்கும் பொருந்தும்.

ஆகவே, பொதுவாக

Kயில் ஊர்ப்பொழுது (எந்த அலகிலேனும்)

$= A$யில் ஊர்ப்பொழுது (அதே அலகில்)

$+ \frac{l}{15}$ மணிகள்.

2. நாட்டு நேரம் அல்லது ஸ்டாண்டர்டு நேரம்

ஒரு நாட்டில் ஒவ்வோர் ஊரில் இருப்பவர்களும் அவரவர் ஊர்ப்பொழுதின்படி கடிகாரத்தைச் சரிசெய்து வைத்துக் கொண்டால், ஓர் ஊரிலிருப்பவர் இன்னொருவர் ஊருக்குப் போனால், அவரது நேரத்திற்கும் அந்த ஊர் நேரத்திற்கும் வித்தியாசம் இருக்கும். இவ்வாறு இரயில் நிலையங்கள், தபால் தந்தி நிலையங்கள், விமான நிலையங்கள் ஆகிய இடங்களில் எல்லாம் அந்தந்த ஊர்ப்பொழுதின்படி நடவடிக்கைகள் நிகழ்ந்தால் குழப்பம் ஏற்படும்.

இந்தக் குழப்பங்களைத் தவிர்ப்பதற்காக ஒவ்வொரு நாட்டிலும், ஒரு தீர்க்க ரேகையில் உள்ள நேரத்தை—ஊர்ப்பொழுதை—அந்த நாடு பூராவும் நாட்டு நேரமாகப் பின்பற்றுகின்றனர். இப்போது இங்கிலாந்து முழுவதும் கிரீன்விச்சு ஊர்ப்பொழுதை நாட்டு நேரமாகக் கொண்டுள்ளனர். நமது இந்தியாவிற்கு $82\frac{1}{2}°$ கிழக்கு தீர்க்கரேகையின் ஊர்ப்பொழுது நம் நாட்டு நேரமாகும். இந்திய நாட்டு ஸ்டாண்டர்டு நேரம் (Indian Standard Time—I S.T.) கிரீன்விச்சு நேரத்திற்கு (Greenwhich Mean Time—G.M.T.) $5\frac{1}{2}$ மணி அதிகம்.

3. மண்டல நேரம் : சமநேர மண்டலங்கள்

சோவியத் ரஷ்யா, அமெரிக்கா போன்ற மிகப் பெரிய ஊர்களில் ஓர் ஊர்ப்பொழுதே எல்லா ஊர்களுக்கும் அமலாக்குவதில் சிக்கல் ஏற்படும். உதாரணமாக நியூயார்க் நேரத்தை சான் பிரான்ஸிஸ்கோவில் அமலாக்கினால், அங்குக் கடிகாரப்படி 12 மணி ஆகும்போது ஊர்ப்பொழுது காலை 8 மணி கூட ஆகியிருக்காது. உலகெங்கும் விரைவில் சுற்ற இயலும் இக்காலத்தில், டெலிபோன் ரேடியோ இவை மூலம் ஓரிடத்திலிருந்து வெகு தொலைவில் உள்ள இடங்களுக்கு ஒரே நேரத்தில் பேசக்கூடிய இக்காலத்தில் வெவ்வேறு நாட்டு நேரங்கள் ஒழுங்காக அமைய வேண்டிய அவசியம் ஏற்படுகிறது. இதற்காக உலகத்தை 24 நேர மண்டலங்களாகப் (Time Zone) பிரித்துள்ளனர். இந்த மண்டல நேரம் கிரீன்விச் நேரத்திலிருந்து முழு மணி நேரத்திலோ, அல்லது முழு மணியும் அரை மணியும் கொண்ட நேரத்திலோ வித்தியாசப்படுமாறு அமைந்துள்ளது.

எனவே, கிரீன்விச் தீர்க்கரேகைக்கு மேற்குப்புறம் 7·5° தீர்க்க ரேகை முதல் கிழக்குப்புறம் தீர்க்கரேகை 7·5° வரை ஒரு மண்டலமாகக் கொண்டு, அம்மண்டலம் முழுவதும் கிரீன்விச் சராசரிக்

கதிரவன் நேரமே மண்டல நேரமாகக் கொள்ளப்படுகிறது. இது பூச்சிய மண்டலம் எனப்படும். அவ்வாறே 7·5° கிழக்கு முதல் 22·5° கிழக்கு வரை உள்ள மண்டலத்தில் கிரீன்விச் சராசரிக் கதிரவன் நேரத்தைவிட ஒரு மணி அதிகமான நேரம் அம்மண்டல நேரமாகக் கொள்ளப்படுகிறது. இது மண்டலம் +1 எனப் பெயரிடப்பட்டிருக்கிறது. இவ்வாறே அடுத்தடுத்து 15° இடைவெளிகளில் மண்டலங்கள் +2, +3 எனப் பெயரிடப்பட்டு அங்கு நிலவும் நேரங்கள் முறையே கிரீன்விச் சராசரிக் கதிரவன் நேரத்தைவிட 2, 3, 4 ... மணிகள் அதிகமாக ஏற்றுக்கொள்ளப் பட்டு வழக்கிலுள்ளன. இதுபோல மேற்கே கிரீன்விச் மணியிலிருந்து ஒவ்வொரு மணி குறைவாக இருக்கும்படி மேற்கே 12 மண்டலங்கள் அமைகின்றன. இவ்வாறு மொத்தம் 24 சம நேர மண்டலங்கள் உள்ளன.

4. உலகத் தேதி வரை அல்லது தேதி மாறுவரை (International Date Line or Terrestrial Date Line)

சம நேர மண்டலங்களில் கிழக்காகவுள்ள +12 மணி மண்டலமும் மேற்காகவுள்ள — 12 மணி மண்டலமும் ஒன்றாக அமைகின்றன. பிஜித் தீவுகள், சைபீரியா பாலைவனக் கிழக்கு முனைப் பகுதியில் சிறிது பாகம், அலூஷியன் தீவுகள் இந்த மண்டலத்தில் இருக்கின்றன.

கிரீன்விச்சிலிருந்து புறப்பட்டுக் கிழக்கு நோக்கிச் சென்று இக்கோட்டினை அடையும்போது அங்கு ஊர்ப்பொழுது கிரீன்விச் நேரத்தை விட 12 மணி அதிகமாக இருக்கும். மாறாக மேற்கு நோக்கி இக் கோட்டினை அடையும்போது அங்கு ஊர்ப்பொழுது கிரீன்விச் நேரத்தை விட 12 மணி குறைவாக இருக்கும்.

உதாரணமாக, கிரீன்விச்சில் ஜனவரி மாதம் 20ஆம் தேதி மாலை 1 மணியாக இருக்கும்போது, கிழக்கு நோக்கிச் சென்று 180° தீர்க்க ரேகையை அடைவதற்கு அவ்விடத்தில் நேரம் ஜனவரி 21ஆம் தேதி காலை 1 மணியாக இருக்கும். ஆனால் இதே தீர்க்க ரேகையை மேற்காகச் சென்று அடைவதற்கு அவ்விடத்தில் நேரம் ஜனவரி மாதம் 20ஆம் தேதி காலை 1 மணியாக இருக்கும்.

இவ்வாறாக, கிழக்கு நோக்கிப் பயணம் செய்யும் ஒருவன் அவ்வுலகத் தேதி வரையைக் கடக்கும்போது ஒரு தேதி குறைகிறது. அவனே மேற்கு நோக்கிப் பயணம் செய்வானாயின், அவ்வுலகத் தேதி வரையைக் கடக்கும்போது ஒரு தேதி அதிகமாகிறது. எனவே 180° தீர்க்க ரேகைக்கு தேதி மாறுவரையெனவும் பெயரிடப்பட்டிருக்கிறது.

5. காலக் கணிப்புமுறை—பஞ்சாங்கம் (The Calendar)

சீராகத் திரும்பத் திரும்ப வரும் நிகழ்ச்சிகளால் காலத்தை அளக்க முயல்கிறோம்.

இந்த அடிப்படையில், சூரியன் மீண்டும் மீண்டும் எழுவதை நாள் எனும் கால அளவுக்குப் பயன்படுத்தினோம். அதேபோல ஒரே விண்மீனருகே சூரியன் திரும்பத் திரும்பத் தோற்றும் நிகழ்ச்சியும், பருவம் மீண்டும் மீண்டும் வருவதும் 'ஆண்டு' எனும் கால அலகுக்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

(i) மீன்வழி ஆண்டு (Siderial year): சூரியன் விண்மீன்கள் பின்னணியில் தன் பாதையில் (ecliptic) ஒரு நட்சத்திரத்துடன் இருந்து மீண்டும் அதே நட்சத்திரத்திற்கு வரும் காலம் ஒரு மீன்வழி ஆண்டு (Siderial year) எனப்படும். இதன் கால அளவு 365 நாள் 6 மணி 9 நி, அல்லது 365·2564 நாட்கள்.

(ii) பருவகால ஆண்டு அல்லது அயனவருடம் (Tropical year): சூரியன் தன் பாதையில் (ecliptic) மேட முதற் புள்ளி γ விலிருந்து புறப்பட்டு மீண்டும் γ வந்தடைய எடுத்துக்கொள்ளும் காலம் ஒரு பருவ ஆண்டு எனப்படுகிறது.

மேட முதற்புள்ளி விண்மீன்களிடையே நிலையாக இருந்தால், இரண்டு ஆண்டுகளும் ஒரே கால அளவுள்ளதாக இருக்கும். ஆனால் சூரியன் மேட முதற்புள்ளியிலிருந்து கிழக்காகப் புறப்பட்டுச் சுற்றும்போது, மேடமுதற்புள்ளி மேற்காக 50″ நகர்ந்து சூரியன் ஒரு சுற்று விண்மீனிடையே வருமுன்னர் எதிர்கொள்கிறது. அதாவது சூரியன் 359° 59′ 10″ நகர்ந்ததும், அயன வருடம் முடிவடைகிறது. இதனால் இந்த வருடம் மீன்வழி ஆண்டைவிடக் குறைகிறது.

1. பருவகால ஆண்டு = 365·2422 நாள்கள்

(iii) அண்மைநிலை ஆண்டு (The Anomalistic year)

சூரியன் அண்மை நிலையிலிருந்து (Perigee) புறப்பட்டு மீண்டும் அவ்வண்மை நிலையை வந்தடைய எடுத்துக்கொள்ளும் காலம் ஓர் அண்மை நிலை ஆண்டாகும்.

அண்மை நிலைப் புள்ளி ஒரு நிலைத்த புள்ளியாய் அல்லாமல் ஓர் இயங்கு புள்ளியாய் ஆண்டிற்குச் சராசரி 11″·25 முன்னோக்கி நகர்வதால், இவ்வாண்டு மீன்வழி ஆண்டைவிடச் சிறிது அதிகமாக இருக்கிறது. இதன் கால அளவு = 365·2596 சராசரிக் கதிரவன் நாள்களாகும்.

மேலே கொடுக்கப்பட்ட வரையறைகளிலிருந்து, பின்வரும் விகிதசமம் சரியாகும்.

$$\frac{\text{மீன்வழியாண்டு}}{360^\circ} = \frac{\text{பருவ ஆண்டு}}{360^\circ - 50''\cdot26}$$

$$= \frac{\text{அண்மைநிலையாண்டு}}{360^\circ + 11''\cdot25}$$

(iv) நிர்வாக ஆண்டு: மனிதனுக்கு இயற்கையாக அமைந்த கால அளவைகள், தோற்றக் கதிரவன் நாள், பருவ ஆண்டு என்பவை. தோற்றக் கதிரவன் நாளுக்குப் பதிலாகச் சராசரிக் கதிரவன் நாள் என ஒரு நாள் நிறுவப்பட்டு வழக்கிலுள்ளது.

இதேபோல் பருவ ஆண்டும் ஒரு முழு எண்ணிக்கை நாள்கள் கொண்டவை அல்ல. எனவே ஒரு முழு எண்ணிக்கை நாள்கள் கொண்ட நிர்வாக ஆண்டு நிறுவப்பட்டது. இதனால் ஆண்டுக்கு 365 நாள்கள் எனக்கொள்ளப்பட்டது. ஆனால், முழு எண்ணிக்கை நாள்கள் கொண்ட நிர்வாக ஆண்டும் பருவ ஆண்டும் ஏறத்தாழச் சமமாக இருக்கவேண்டிய தேவையும் ஏற்படுகிறது.

ஜூலியஸ் சீஸர் (Julius Ceasar) காலக் கணிப்பில் செய்த சீர்திருத்தத்தின் பயனாக 365 நாள்கள் கொண்ட மூன்று ஆண்டுகளுக்குப்பின் 366 நாள்கள் கொண்ட ஒரு லீப் ஆண்டு உருவாயிற்று.

6. கிரிகரித் திருத்தம்

ஜூலியஸ் சீஸர் காலக்கணிப்புப்படியும் கூட நிர்வாக ஆண்டிற்கும் பருவ ஆண்டிற்கும் சிறிய வித்தியாசம் உள்ளது. ஏனெனில், நான்கு பருவ ஆண்டுகளைவிட நான்கு நிர்வாக ஆண்டுகள் 44நி 56·08 செகண்டுகள் அதிகம். இவ்வாறாக 400 நிர்வாக ஆண்டுகள் 400 பருவ ஆண்டுகளைவிட 3 நாள்கள், 2 மணிகள், 53 நிமிடங்கள், 30 செகண்டுகள் அதிகமாக இருக்கின்றன. இவ்வித்தியாசம் சரியான முறையில் நீக்கப்படாவிட்டால், நீண்டகால இடைவெளியில் பருவ ஆண்டின் ஆரம்பமும், நிர்வாக ஆண்டின் ஆரம்பமும் ஒத்துவராது. இதனைச் சரிசெய்யும் வகையில் கி பி 1582ல் போப்கிரிகரி XIII என்பவர் ஜூலியன் காலக் கணிப்புக்குக் கீழ்க்காணும் திருத்தத்தைக் கொண்டுவந்தார். இதன்படி நூற்றாண்டைக் குறிக்கும் எல்லா ஆண்டுகளும் 4ஆல் வகுபடினும் லீப் வருடங்கள் ஆகா. நூற்றாண்டைக் குறிக்கும் எண் பொறுத்தமட்டில் அது 400ஆல் வகுபட்டால் தான் லீப் ஆண்டு ஆகும் எனக் சொள்ளப்பட்டது. இதன்படி

கி.பி. 1600 லீப் ஆண்டு; ஆனால் கி.பி. 1700, 1800, 1900 லீப் ஆண்டுகள் ஆகா. இத்திருத்தம் கிரிகரி திருத்தம் எனப்படும். இதன் படி, 400 ஆண்டுகளில் 3 நாள்கள் வித்தியாசம் நீக்கப்பட்டு விடுகிறது.

குறிப்பு : இக்கணிப்பு முறையும் சரியானது என்று நாம் கொள்ள முடியாது. ஏனெனில் 4000 நிர்வாக ஆண்டுகள் 4000 பருவ ஆண்டுகளைவிட 1 நாள் 4 மணிகள் 55 நிமிடங்கள் அதிக மாக இருக்கின்றன. காலப்போக்கில் இதற்கும் திருத்தம் தேவையாகும்.

7. ஜூலியன் நாள் (தேதி) (Julian date)

ஜூலியன் நாள் என்பது ஜூலியஸ் சீசர் என்பவருடன் சம்பந்தபட்டதன்று. கி.பி. 1582ஆம் ஆண்டு ஜோசப் ஸ்காலிகர் (Joseph Scaliger) என்ற வானியல் அறிஞர் வானியல் கணக்கீடு களுக்குப் பயனுள்ள வகையில் காலக் கணிப்புக்கு ஒரு புது முறையை எடுத்துரைத்தார். இதன் ஆரம்பத் தேதி கி.மு. 4713ஆம் ஆண்டு ஜனவரி முதல் தேதி. ஒரு குறிப்பிட்ட நாளுக் குரிய ஜூலியன் நாளானது, கி.மு. 4713 ஆம் ஆண்டு ஜனவரி 1ஆம் தேதியிலிருந்து அன்றையவரையில் உள்ள சராசரிக் கதிரவன் நாள்களின் எண்ணிக்கையாகும். மாலுமிப் பஞ்சாங்கம் ஆண்டில் ஒவ்வொரு நாளுக்கும் உரிய ஜூலியன் நாளைத் தருகிறது. ஜூலியன் தேதியை 7ஆல் வகுத்து அதற்குரிய வாரத் தின் கிழமை என்னவென்று காணலாம். மிச்சம் 0 எனில் திங்கட்கிழமையாகும்; மிச்சம் 1 எனில் வார நாள் செவ்வாய்க் கிழமை ஆகும்.

ஜூலியன் தேதிகள் கிரகணங்களின் தேதிகளைக் குறிக்கப் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. ஒரு கிரகணம் நிகழும் ஜூலியன் தேதி x எனில், அதே வகை கிரகணம் $x + 6585$ என்ற ஜூலியன் தேதியில் நிகழும்.

8. பெசலியன் ஆண்டு (Besselian year)

ஜெர்மானிய வானியலறிஞர் பெஸல் என்பவர் பருவகால ஆண்டைக் கணக்கிட ஒரு புது முறையைத் தெரிவித்தார். சராசரிக் கதிரவனின் நெட்டாங்கு 280° ஆக இருக்கும்போது இவ்வாண்டு ஆரம்பமாகிறது. இத்தருணம் சற்றேறக்குறைய நிர்வாக ஆண்டின் ஆரம்பத்தோடு இணைந்துவிடுகிறது. இவ்வாண்டின் கால அளவும், பருவ ஆண்டின் கால அளவும்

ஒன்றாகும். பெசலியன் ஆண்டுத் தொடக்கத்தைக் குறிக்க அந்த ஆண்டுக்குரிய எண்ணை எழுதி அதன் பிறகு ·0 என எழுதவும். இவ்வாறு 1965·0 என எழுதினால் 1965 ஆம் ஆண்டு தொடக்கம் எனப் பொருள்படும்.

9. ஒரு பருவ ஆண்டில் உள்ள சராசரிக் கதிரவன் நாள்களும் மீன்வழி நாள்களும்

ஒரு பருவ ஆண்டு என்பது 365·2422 சராசரிக் கதிரவன்வழி நாட்களைக் கொண்டதாகும்.

தினசரி இயக்கத்தின் காரணமாக, சூரியனும், விண்மீன்களும், மேட முதற்புள்ளி γவும் கிழக்கிலிருந்து மேற்காகச் செல்கின்றன. ஆனால் சூரியனின் ஆண்டு இயக்கத்தின் (உண்மையில் பூமி சூரியனை ஓர் ஆண்டில் சுற்றுவதன்) காரணமாகச் சூரியன் விண்மீன்கள் பின்னணியில் கிழக்காக நகருகிறான். ஆகவே விண்மீன்கள், γ-வின் இயக்கங்களை ஒத்துப் பார்க்கும்போது, சூரியனின் மேற்கு நோக்கிய கோண வேகம் சற்றுக் குறைவாக உள்ளது. ஆகவே ஒரு சராசரிக் கதிரவன்வழி நாளில் γ ஆனது 360°-க்கு மேலாகவே சுற்ற வேண்டும். இப்படி நாளுக்கு நாள் அதிகம் சுற்றி, ஒரு பருவ ஆண்டில், சூரியனைவிடச் சரியாக ஒரு சுற்று அதிகம் சுற்ற வேண்டும்; ஏனெனில் ஒரு பருவ ஆண்டில் γ-ஐ ஒட்டி சூரியன் ஒரு சுற்றுச் சுற்றியாகவேண்டும். ஆகவே 365·2422 சராசரிக் கதிரவன் நாள்கள் = 366·2422 மீன்வழி நாள்கள்.

அதாவது ஒரு பருவ ஆண்டு = 365·2422 சராசரிக் கதிரவன் நாள்கள் = 366·2422 மீன்வழி நாள்கள்.

10. நேர மாற்றங்கள் (Conversion of time)

சராசரிக் கதிரவன் மணி அலகில் கொடுக்கப்பட்ட கால அளவை மீன்வழி அலகில் மாற்றுதல்

365·24 சராசரிக் கதிரவன் நாள்கள்

= 366·24 மீன்வழி நாள்கள்

∴ 1 சராசரிக் கதிரவன் நாள்

$$= \left(1 + \frac{1}{365\cdot24}\right) \text{ மீன்வழி நாள்கள்}$$

$$= (1 + \cdot002738) \text{ மீன்வழி நாள்கள்}$$

(அ-து) 24 ச. க. மணிகள்

24 மீ. ம. 4 நி. 4 வி

1 ச. க. மணி

$$1 \text{ மீ. ம. } 10 \text{ வி. } - \left(\frac{1}{6}\right) \text{ வி.}$$

6 நிமிடங்கள்

$$6\text{மீ நி. } + 1 \text{ வி.} - \left(\frac{1}{60}\right) \text{ வி.}$$

ஆகவே, ஒவ்வொரு ச. க. மணிக்கும் 10 வினாடியும், ஒவ்வொரு 6 ச. க. நிமிடங்களுக்கு 1 வினாடியும் கூட்டி, கூட்டும் தொகையில் $\left(\frac{1}{60}\right)$பங்கு குறைத்துவிட்டால், (அ-து) சேர்க்கப்பட்ட ஒவ்வொரு நிமிடத்திற்கு 1 வி. குறைத்துவிட்டால் சராசரிக் கதிரவன் மணி அலகை மீன்வழி கால அளவாக மாற்றலாம்.

உதாரணம்: 12 மணி 14 நி 45 செ சராசரிக் கதிரவன் கால அளவை மீன்வழி அலகில் காண்க.

சராசரிக் கதிரவன் கால இடைவெளி	12ம. 14நி. 45வி.
12 மணிக்குக் கூட்டவேண்டியது	120வி.
12 நி ,, ,,	2வி.
கழிக்கவேண்டியது	2 வி
∴ மீன்வழி கால இடைவெளி =	12ம. 16நி. 45வி.

(தோராயமாக)

11. மீன்வழி அலகில் கொடுக்கப்பட்ட கால அளவைச் சராசரிக் கதிரவன் அலகில் மாற்றுதல்

மீன்வழி அலகு		சராசரிக் கதிரவன் அலகு
366·24 நாள்கள்	=	365·24 நாள்கள்
∴ 1 நாள்	=	$\left(1 - \frac{1}{366 \cdot 24}\right)$ நாள்
	=	(1— ·00273) நாள்
(அ-து) 24 மணி	=	24 மணி — 4நி. + 4வி.
∴ 1மணி	=	1 மணி – 10வி. + $\frac{1}{6}$ வி.
6 நிமிடங்கள்	=	6நி. —1வி. + $\frac{1}{60}$ வி.

ஆகவே, ஒவ்வொரு மீன்வழி மணிக்கு 10 வினாடிகள் கழித்து, 6 மீன்வழி நிமிடங்களுக்கு 1 வினாடி கழித்து, கழித்த தொகையில் $\frac{1}{60}$ பங்கு கூட்டினால் (அ-து) கழித்த ஒவ்வொரு நிமிடத்திற்கும் 1 வினாடி கூட்டினால், மீன்வழி மணி கால அளவைச் சராசரிக் கதிரவன்வழி மணி கால அளவாக மாற்றலாம்.

உதாரணம் : மீன்வழிக் கால இடைவெளி 16ம. 32 நி. 20 வி-யைச் சராசரிக் கதிரவன் அலகில் மாற்ற,

மீன்வழிக் கால அளவு =	16 மணி 32 நிமிடம் 20 விநாடி
16 மணிக்குக் கழிக்க வேண்டியது	2 நிமிடம் 40 விநாடி
30 நிமிடத்திற்குக் கழிக்க வேண்டியது	5 விநாடி
2 நிமிடம் 20 செகண்டு கழிக்கவேண்டியது	—
165 விநாடிக்குச் சேர்க்க வேண்டியது	2 விநாடி

∴ சராசரிக் கால அலகு = 16 மணி 29 நிமிடம் 37 விநாடி (தோராயமாக)

குறிப்பு I : இன்னும் நுட்பமாக மாற்றம் செய்யவேண்டுமானால், மேலே விடப்பட்ட 2 நிமிடம் 20 செகண்டையும் கணக்கில் கொண்டு 6 மீன்வழி நிமிடங்களுக்கு 1 விநாடி கழிக்கும் விதத்தில் 2 நிமிடம் 20 நிமிடத்திற்கு ·39 வினாடியைக் கழித்து மேற்கொண்டு கணக்கிடலாம். இன்னும் அதிநுட்பமாக இம் மாற்று வாய்பாடுகள் வேண்டுமாயின்,

M சராசரிக் கதிரவன் மணிகள்

= $M\,(1+E)$ மீன்வழி மணிகள்

$$\left[E = \frac{1}{365 \cdot 2422} = \cdot 002738\right]$$

S மீன்வழி மணிகள்

= $S\,(1-E')$ சராசரிக் கதிரவன் மணிகள்

$$\left[E' = \frac{1}{366 \cdot 2422} = \cdot 0027302\right]$$

குறிப்பு 2 : மீன்வழி மணி, γ ன் நண்பகலில் இருந்தும், சராசரிக் கதிரவன்வழி மணி சராசரிக் கதிரவனின் நள்ளிரவில் இருந்தும் அளக்கப்படுகிறது.

(அ-து) மீன்வழி மணி, γ மேல் உச்சி கடப்பதிலிருந்து 0, 1, 2 ...24 மணிகள் என்று அளக்கப்படுகிறது.

சராசரிக் கதிரவன் மணி சராசரிக் கதிரவன் கீழுச்சி கடப்பதிலிருந்து 0, 1, 2, ...24 மணிகள் என்று அளக்கப்படுகிறது.

குறிப்பு 3 : மேலே கண்ட வாய்பாட்டின்படி, ஏதேனும் ஒரு மீன்வழிக் கால இடைவெளியைச் சராசரிக் கதிரவன்வழிக் கால இடைவெளியாகவோ அல்லது இதற்கு மறுதலையாகவோ செய்யலாமேயொழிய, ஒரு குறிப்பிட்ட தருணத்தில் உள்ள இவ்வாய்பாட்டின்படி மாற்ற முடியாது.

அவ்விதம் மாற்றுவதற்குரிய செய்முறைகள் கீழே தரப்பட்டுள்ளன.

உதாரணம் 1 : பின் கொடுக்கப்படும் பதிவு கொண்டு ஓரிடத்தில் மீன்வழி நேரம் 10 மணி 20 நிமிடத்திற்குச் சரியான சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம் காண்க.

முந்தைய சராசரிக் கதிரவன் நள்ளிரவில் மீன்வழி நேரம் 3 மணி 5 நிமிடம்.

3 மணி 5 நிமிடங்களிலிருந்து 10 மணி 20 நிமிடங்கள்வரையில் உள்ள இடைவெளி 7 மணி 15 நிமிடம் மீன்வழி நேரம்.

இந்த 7 மணி 15 நிமிடம் சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரமாக மாற்றவும்.

கால இடைவெளி	=	7 ம 15 நி
மணிக்கு 10 வி வீதம் குறைப்பு	=	70 விநாடி
6 நி 1 வி வீதம் குறைப்பு	=	2·5 விநாடி
கூட்டவேண்டியது	=	1·2 விநாடி

∴ சராசரிக் கதிரவன்வழி நேர இடைவெளி = 7 ம 13 நி 48·7 வி. இது நள்ளிரவிலிருந்து கணக்கிடப்படுவதால் சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம் = 7 ம 13 நி 48·7 வி.

உதாரணம் 2 : சென்னையில் கிழக்கு நெட்டாங்கு 80° 14′ 19″ செப்டம்பர் முதல் தேதி கிரீன்விச்சில் சராசரிக் கதிரவன் நள்ளிரவின்போது மீன்வழி நேரம் 22 ம 38 நி 40 வி. அன்று சென்னை சராசரிக் கதிரவன் நேரம் (இந்திய நியம நேரம்) முற்பகல் 8 ம 35 நிமிடத்திற்குச் சரியான சென்னை மீன்வழி நேரம் காண்க.

சென்னையின் நெட்டாங்கு 80° 14′ 19″ = 5 மணி 20 நிமிடம் 57 விநாடி.

A என்ற இடம் *B* என்ற இடத்திற்கு λ மணி கிழக்காக இருப்பின் *A*யில் சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரமும் மீன்வழி நேரமும் *B*யில் உள்ள நேரத்தைவிட λ மணி அதிகமாக இருக்கும்.

கீழ்க்காணும் அட்டவணையில், கிரீன்விச், சென்னை ஆகிய இரு இடங்களில் உள்ள நேரங்கள் குறிக்கப்பட்டுள்ளன.

கிரீன்விச்		சென்னை	
சராசரிக் கதிரவன் வழி நேரம்	மீன்வழி நேரம்	இந்திய நியம நேரம்	மீன்வழி நேரம்
0 மணி	22 ம 38 நி 40 வி	5-30 *a.m.*	22 ம 38 நி 40 வி +5 ம 20 நி 57 வி = 27 ம 59 நி 37 வி = 3 ம 59 நி 37 வி
		8-35 *a.m.*	?

காலை 5-30 மணியிலிருந்து காலை 8 ம 35 நி வரையில் உள்ள கால இடைவெளி

= 3 ம 5 நி சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம்

= 3 ம 5 நி 30 வி மீன்வழி நேரம் (நேரமாற்ற விதிப்படி)

ஆகவே சென்னையில் காலை 8-35க்குரிய மீன்வழி நேரம்

= 3 ம 59 நி 37 வி + 3 ம 5நி 30வி = 7 ம 5 நி 7 வி (மீன்வழி நேரம்)

உதாரணம் 3: ஒரு விண்மீனின் வல ஏற்றம் (Right Ascension) 10 ம 30 நி. அது ஜுன் மாதம் 22-ஆம் தேதி உச்சி கடக்கும் சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம் காண்க.

விண்மீனின் வல ஏற்றம் 10 ம 30 நி. ஆதலால், அது உச்சி கடக்கும்போது மீன்வழி நேரம் 10 ம 30 நி.

ஜூன் 22ஆம் தேதி சூரியனின் வல ஏற்றம் = 90°

ஆகவே சூரியன் உச்சி கடக்கும்போது மீன்வழி நேரம் 6 மணி ஆனால் சூரியன் உச்சி கடக்கும்போது சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம் = 12 மணி.

இனி மீன்வழி நேரம் 6 மணியிலிருந்து மீன்வழி நேரம் 10 ம 30 நி வரை மீன்வழிக் கால இடைவெளி = 4 ம 30 நி

= 4 ம 30நி — 45வி + 1வி (ச. க. அளவு)

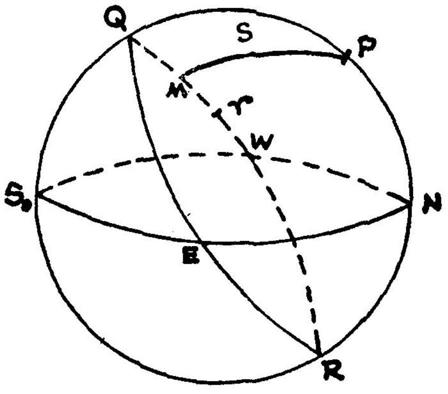
= 4 ம — 29 நி சராசரிக் கதிரவன்வழி காலம்

ஆகவே சூரியன் உச்சி கடந்ததிலிருந்து நேரம் 4 ம 29 நி

ஆகவே அப்போது ஊர்ப்பொழுது மாலை 4 ம 29 நி (*p.m.*) ஆகும்.

உதாரணம் 4 : (i) ஒரு கொடுக்கப்பட்ட உச்சி வரையில் (Meridian) உள்ள சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரத்திற்கும் அங்குள்ள மீன்வழி நேரத்திற்கும் உள்ள கீழ்க்காணும் தொடர்பை நிறுவுக :

மீன்வழி நேரம் = சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம் + சராசரிக் கதிரவனின் வல ஏற்றம்



படம் 23-2

வான நடுவரை (Celestial Equator) வான உச்சிவரையை (Meridian) *R*-ல் சந்திக்கட்டும். *M* என்பது வான நடுவரையின் மீது சராசரிக் கதிரவன் நிலையைக் குறிக்கட்டும். γ, மேட முதற் புள்ளியாகும்.

வில் γR என்பது, உச்சிவரையை γ கடந்ததிலிருந்து கழிந்த விண்மீன் மணிகளைக் குறிக்கிறது. (அ-து) அத்தருணத்தின் விண்மீன்வழி நேரத்தைக் காட்டுகிறது. இதேபோல், வில் MR என்பது சராசரிக் கதிரவன் உச்சிவரையைக் கடந்ததிலிருந்து ஆன சராசரிக் கதிரவன்வழி மணிகளைக் குறிக்கிறது. (அ-து) அத்தருணத்தின் சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரத்தைக் காட்டுகிறது.

வில் γM ஆனது இடஞ்சுழியாக γ-விலிருந்து வான நடுவரை மீது M வரை அளக்கப்படுவதால், அது M-ன் அதாவது, சராசரிக் கதிரவனின் வல ஏற்றத்தைக் குறிக்கிறது.

படத்திலிருந்து, வில் $\gamma R =$ வில் $MR +$ வில் γM

ஆகவே, மீன்வழி நேரம் = சராசரிக் கதிரவன் வழி நேரம் + சராசரிக் கதிரவனின் வல ஏற்றம்

(ii) நியூயார்க்கில் (மேற்கு நெட்டாங்கு 74° 10′) ஒரு வானக் காட்சி சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரப்படி ஆகஸ்ட் மாதம் 25ஆம் தேதி 6 ம 3 நி 4 வி-க்குப் பதிவு செய்யப்படுகிறது. இத் தேதியில் கிரீன்விச்சில், சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம் நண்பகலுக்குச் சரியான விண்மீன்வழி நேரம் (சராசரிக் கதிரவனின் நண்பகல், வல ஏற்றம்) 10 ம 15 நி 54 வி எனின், காட்சிப் பதிவு செய்யப்பட்டபோது மீன்வழி நேரம் காண்க.

நியூயார்க்கில், சராசரி ஊர்ப்பொழுது 6 ம 3 நி 4 வி

∴ கிரீன்விச்சில் சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம்

$$= 6 \text{ ம } 3 \text{ நி } 4 \text{ வி } + \left(\frac{74^\circ\ 10'}{15}\right)^{\text{ம}}$$

$$= 6 \text{ ம } 3 \text{ நி } 4 \text{ வி } + 4 \text{ ம } 56 \text{ நி } 40 \text{ வி}$$

$$= 10 \text{ ம } 59 \text{ நி } 44 \text{ வி}$$

∴ இந்தக் கால இடைவெளியை மீன்வழிக் கால இடைவெளியாக மாற்ற, நாம் பெறுவது,

$$= 10 \text{ ம } 59 \text{ நி } 44 \text{ வி } + 100 \text{ வி } + 9{\cdot}9 \text{ வி } - 1{\cdot}83 \text{ வி}$$

$$= 11 \text{ ம } 1 \text{ நி } 32{\cdot}1 \text{ வி மீன்வழிக் காலம்}$$

இப்பொழுது மேலே நிறுவிய தொடர்பின்படி,

கிரீன்விச் மீன்வழி நேரம் = சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம் (மீன்வழி அலகில்)] + சராசரிக் கதிரவனின் வல ஏற்றமாகும்.

ஆகவே, கிரீன்விச் மீன்வழி நேரம்

= 11 ம 1 நி 32·1 வி + 10 ம 15 நி 54 வி

= 21 ம 17 நி 26·1 வி

∴ நியூயார்க்கில் மீன்வழி நேரம்

= 21 ம 17 நி 26·1 வி — 4 ம 56 நி 40 வி

= 16 ம 20 நி 46·1 வி.

உதாரணம் 5 : மாலுமிப் பஞ்சாங்கத்திலிருந்து 1893ஆம் ஆண்டிற்குக் கீழ்க்காணும் பதிவுகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன :

நவம்பர் 25ஆம் தேதி சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம் நண்பகலுக்குரிய காலக் குறைச் சமன்பாடு = — 12 நி 45 வி ஆகும் ; சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம் நண்பகலுக்குரிய விண்மீன்வழி நேரம் = 10 ம 47 நி 26 வி ஆகும் எனின், நவம்பர் மாதம் 25ஆம் தேதி உண்மைக் கதிரவன் உச்சி கடக்கும்போது (நண்பகலில்) அதன் வல ஏற்றம் காண்க.

இங்கு செப்டம்பர் 2ஆம் தேதி சராசரிக் கதிரவனின் நண்பகல் வல ஏற்றம் = 10 ம 47 நி 26 வி.

செப்டம்பர் 2ஆம் தேதியிலிருந்து நவம்பர் 25ஆம் தேதிவரை, (அ-து) 84 நாள்களுக்கு வல ஏற்றத்தில் அதிகரிப்பு

$$= \frac{360^\circ}{365\frac{1}{4}} \times 84 = \frac{360}{365\frac{1}{4}} \times \frac{84}{15} \text{ மணிகள்}$$

= 5 ம 31 நி 10 வி

ஆகவே நவம்பர் 25ஆம் தேதி சராசரிக் கதிரவன் நண்பகல் வல ஏற்றம்

= 10 ம 47 நி 26 வி + 5 ம 31 நி 10 வி

= 16 ம 18 நி 36வி

இனி, காலக் குறைநிறைச் சமன்பாட்டின்படி,

உண்மைக் கதிரவன் வல ஏற்றம் — சராசரிக் கதிரவன் வல ஏற்றம் = — 12 நி 45 வி

∴ உண்மைக் கதிரவன் வல ஏற்றம்

= 16 ம 18 நி 36 வி — 12 நி 45 வி

= 16 ம 5 நி 51 வி

குறிப்பு : காலக் குறைநிறைச் சமன்பாட்டில் உள்ள 12 நி 45 வினாடிக்குள் ஏற்படும் வல ஏற்ற மாற்றத்தைக் கணக்கில் கொள்ளவில்லை.

உதாரணம் 6 : சென்னையின் கிழக்கு நெட்டாங்கு 80° 14′ 19″ எனில், கீழ்க்காணும் பதிவுகொண்டு சென்னையில் செப்டம்பர் 6ஆம் தேதி இரவு தோற்றக் கதிரவன் நேரம் 8 மணிக்குச் சரியான சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம் காண்க.

1893ஆம் ஆண்டு மாலுமி பஞ்சாங்கத்தில் தரப்பட்டது கிரீன்விச் சராசரிக் கதிரவன் நண்பகலின்போது

செப்டம்பர் 6ஆம் தேதி காலக் குறைநிறைச் சமன்பாடு

= — 1 நி 52·22 வி

செப்டம்பர் 7ஆம் தேதி காலக் குறைநிறைச் சமன்பாடு

= — 2நி 12·42 வி

சென்னை தோற்றக் கதிரவன் ஊர்ப்பொழுது = 8 மணி (இரவு)

ஆகவே கிரீன்விச் தோற்றக் கதிரவன் நேரம்

$$= 8 \text{ மணி} - \frac{80^\circ \ 14\text{நி} \ 19\text{வி}}{15} \text{ மணி}$$

= 8 மணி — 5ம 20நி 57·3வி

= 2 மணி 39நி 2·7வி (மாலை p.m.)

காலக் குறைநிறைச் சமன்பாட்டில் 24 மணியில் மாற்றம்

= — 2நி 12·42வி — (— 1நி 52·22வி)

= — 20·2வி.

∴ காலக் குறைநிறைச் சமன்பாட்டில் 1 மணிக்கு மாற்றம்

$$= -\frac{20{\cdot}2}{24} \text{ வி.}$$

= — ·84 வி.

∴ காலக் குறைநிறைச் சமன்பாட்டில் 2ம 39நி 2·7வி யில் மாற்றம் = — 84 × (2ம 39நி 2·7 வி)

= — 2.42 வி.

∴ நேரம் 2ம 39நி 2·7 வி யின்போது காலக் குறைநிறைச் சமன்பாடு = — 1நி 52·2 — 2·42 = — 1நி. 54·62வி.

∴ கிரீன்விச்சில், தோற்றக் கதிரவன் நேரம் — சராசரிக் கதிரவன் நேரம்

= — 1நி 54·62வி.

2ம 39நி. 2·7வி. — சராசரிக் கதிரவன் நேரம்

= — 1நி 54.62 வி.

∴ கிரீன்விச்சில், சராசரிக் கதிரவன் நேரம்

= 2ம 39நி 2·7வி + 1நி 54·62வி.

∴ சென்னையில் சராசரிக் கதிரவன் நேரம்

= 2ம 40நி 57·32வி.

+5ம 20நி 57·3வி.

= 8ம 1நி 54·62வி

பயிற்சி

1. ஒரு குறிப்பிட்ட தேதியில் ஓர் இடத்தில் சராசரிக் கதிரவன் நண்பகலுக்குச் சரியான மீன்வழி நேரம்14மணி. அதே இடத்தில் 50 நாள்கள் கடந்த பின்னர் சராசரிக் கதிரவன் நண்பகலுக்குச் சரியான மீன்வழி நேரம் என்ன?

[17ம 17நி 7.75வி]

2. டிசம்பர் மாதம் 20ஆம் தேதி ஓர் இடத்தில் சராசரிக் கதிரவன் நண்பகலுக்குச் சரியான மீன்வழி நேரம் 17ம 55நி 8வி எனில், சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம் இரவு 7-20 (p.m.) க்குச் சரியான மீன்வழி நேரம் என்ன?

[1ம 16நி 20வி — டிசம்பர் 21]

3. ஓர் இடத்தில் ஒருநாள் சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம் மாலை 2.45 (p.m.) ஆக இருக்கும்போது மீன்வழி நேரம் 21.5 மணியாகில், அன்றைய தேதி என்ன?

[ஜனவரி 2ஆம் தேதி]

4. சென்னையின் கிழக்கு நெட்டாங்கு 5 ம 21 நி; ஏப்ரல் முதல்தேதி கிரீன்விச்சில் சராசரிக் கதிரவன் நள்ளிரவின் போது மீன்வழி நேரம் 0ம 38நி 58வி. அன்று சென்னை சராசரிக் கதிரவன் நேரம் [இரவு 7-30 (p.m.) க்குச் சரியான மீன்வழி நேரம் என்ன?

[19ம 12நி 1வி; 1944 இரண்டாவது மகாயுத்த காலம், சென்னை நியம நேரம் 6ம 30நி எனக் கொள்க]

5. கிரீன்விச்சில் மார்ச் மாதம் 19ஆம் தேதி மீன்வழி நள்ளிரவுக்குச் சரியான கதிரவன்வழி நேரம் 14 ம 35 நி 40வி. மார்ச் 20ஆம் தேதி சராசரிக் கதிரவன் நேரம் 3 ம 42 நி 35 வினாடிக்குச் சரியான மீன்வழி நேரம் காண்க.

[1 ம 9 நி 4 வி]

6. ஏப்ரல் முதல் தேதி சராசரிக் கதிரவன் நள்ளிரவுக்குச் சரியான கிரீன்விச் மீன்வழி நேரம் 0ம 42நி 7வி. சென்னையின் நெட்டாங்கு 5ம 30நி 19வி (கிழக்கு); ஏப்ரல் 2ஆம் தேதி இரவு 9ம 45 நிமிடத்திற்குச் சரியான சென்னை மீன்வழி நேரம் காண்க.

[10 ம 28 நி 48 வி]

7. ஒரு நாள் கிரீன்விச்சில் சராசரிக் கதிரவனின் வல ஏற்றம் 10 மணி. கிரீன்விச்சுக்கு 60° மேற்கு நெட்டாங்கு கொண்டுள்ள ஓர் இடத்தில் அதே நாள் மீன்வழி நேரம் 14 மணிக்குச் சரியான சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம் காண்க.

[3 ம 58 நி 41வி]

8. α அகுலா (Aquilae) என்னும் விண்மீனின் வல ஏற்றம் 19ம 43நி 51வி. சராசரிக் கதிரவன் கிரீன்விச் உச்சி வரை கடக்கும்போது அதன் வல ஏற்றம் 0ம 6நி 40வி. α அகுலா கிரீன்விச் உச்சிவரை கடக்கும்போது சராசரிக் கதிரவன் மணி என்ன?

[காலை 7ம 33நி 58வி]

9. ஒரு நாள், சராசரிக் கதிரவன் நேரம் 2.45 மாலையின் போது, மீன்வழி நேரக் கடிகாரம் $21\frac{1}{2}$ மணி காட்டினால், ஆண்டின் எத் தேதியில் இது நிகழும் எனக் காண்க.

[ஜனவரி மாதம் 2ஆம் தேதி]

10. செவ்வாய் சூரியனைச் சுற்ற நம் நாள் கணக்குப்படி 687 நாள்கள் எடுத்துக்கொள்கிறது, அது தன் அச்சைப் பற்றி ஒரு முழுச் சுற்றுச் சுற்ற நம் நேரப்படி $24\frac{2}{3}$ மணிகள் எடுத்துக்கொள்கிறது. செவ்வாயின் சராசரிக் கதிரவன் நாளுக்கும் மீன்வழி நாளுக்கும் உள்ள வேறுபாடு என்ன ?

[சராசரிக் கதிரவன் நாள் = மீன்வழி நாள் $+ \dfrac{24\frac{2}{3}}{687 \times 24}$ மீ. வ. நாள்]

11. ஜனவரி 1ஆம் தேதி சராசரிக் கதிரவன் நண்பகலின் போது மீன்வழி நேரம் என்ன ?

[18 ம 32 நி]

12. கிரீன்விச்சில் சராசரிக் கதிரவன் நண்பகல் போது, சராசரிக் கதிரவனின் வல ஏற்றம் 1 ம 45 நி 23·89வி எனில், 49° கிழக்கு நெட்டாங்குள்ள இடத்தில் சராசரிக் கதிரவன் நேரம் 5 ம 6 நி 18 வி (மாலை)க்குச் சரியான விண்மீன் நேரம் காண்க.

[6 ம 51 நி 59·89 வி]

13. விண்மீன் கேட்டையின் (Antares) வல ஏற்றம் 16ம 24நி 48வி ஆகும். பின்வரும் பதிவுகள் கொண்டு மே மாதம் 1ஆம் தேதி அது சென்னையில் உச்சி கடக்கும் ஊர்ப் பொழுது காண்க.

பதிவுகள் : சென்னை நெட்டாங்கு 5 ம 20 நி 59·6 வி கிழக்கு கிரீன்விச்சில் ஏப்ரல் 30ஆம் நாள் மீன்வழி நண்பகலின் சராசரிக் கதிரவன் நேரம் 9ம 28நி 46வி.

[2ம 0நி 46வி ச.க. நேரம்]

14. கிரீன்விச்சில் சராசரிக் கதிரவன் நள்ளிரவுக்குச் சரியான மீன்வழி நேரம் 11ம 50நி 12வி எனில், கிழக்கு நெட்டாங்கு 37° 34′ 15″ உள்ள மாஸ்கோவில் 5ம 17நி 32 வி மீன்வழி ஊர்ப்பொழுதுக்குச் சரியான சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம் காண்க.

[17 ம 24 நி 53 வி]

15. புனர்பூச நட்சத்திரத்தின் (Pollux) வல ஏற்றம் 7ம 41நி 17வி. கீழ்க்காணும் பதிவுகள் கொண்டு அது ஜனவரி மாதம் 20ஆம் தேதி சென்னையில் உச்சி கடக்கும் இந்திய நியம நேரம் காண்க.

பதிவுகள்

கிரீன்விச்சில் ஜனவரி 19ல் γ உச்சி கடக்கும்போது கிரீன்விச் சராசரிக் கதிரவன் நேரம் = 16ம 6நி 34வி

கிரீன்விச்சில் ஜனவரி 20ல் உச்சி கடக்கும்போது கிரீன்விச் சராசரிக் கதிரவன் நேரம் = 16ம 2நி 38வி

1 மீன்வழி நாள் = 1 சராசரிக் கதிரவன்வழி நாள் — 4நி + 4வி

சென்னையின் நெட்டாங்கு, கிழக்கு 5ம 30நி 89·12வி

[23ம 52நி 32·88வி (ஜனவரி 20)]

16. கீழ்க்காணும் பதிவுகள் கொண்டு சென்னையில் மீன்வழி நேரம் 21 ம 6நி 7·5 வி-க்கு ஒத்த இந்திய நியம நேரம் காண்க

பதிவுகள் :

கிரீன்விச் சராசரிக் கதிரவன் நண்பகலுக்குச் சரியான மீன்வழி நேரம் = 11ம 14 நி 25·5 வி

சென்னையின் நெட்டாங்கு 5 ம 20 நி 57 வி கிழக்கு *

[22 ம 0 நி 1 வி]

17. கிரீன்விச்சில் டிசம்பர் மாதம் 22ஆம் தேதி மீன்வழி நண்பகலுக்குச் சரியான சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம் 6 ம 25 நி 18 வி எனில், பம்பாயில் (கிழக்கு நெட்டாங்கு 4 ம 51 நி 16வி) டிசம்பர் மாதம் 22ஆம் தேதி, வல ஏற்றம் 8 ம 27நி 19 வி உள்ள ஒரு விண்மீன் உச்சி கடக்கும்போது சென்னையில் (கிழக்கு நெட்டாங்கு 5 ம 20 நி 59 வி) சராசரிக் கதிரவன் வழி நேரம் காண்க

[15 மணி 21நி 44 வி],

18. மார்ச் 21ஆம் தேதி சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம் 0 மணிகுச் சரியான மீன்வழி நேரம் 11 மணி 53 நி 19·5 வி எனில், அக்டோபர் மாதம் 8ஆம் தேதி தோற்றக் கதிரவன் நண்பகலின்போது சூரியனின் வல ஏற்றம் காண்க.

அக்டோபர் மாதம் 8 ஆம் தேதி அன்று E = 12 நி 26 வி எனக் கொள்க.

[12 ம 55 நி 16·5 வி]

19. கீழே கொடுக்கப்பட்ட பதிவுகளிலிருந்து ஜுன் 1ஆம் தேதி சராசரி நள்ளிரவில் சூரியனின் தோற்ற வல ஏற்றத்தைக் கணக்கிடவும்.

ஜுன் 1ஆம் தேதி சராசரி நண்பகலுக்குச் சரியான மீன்வழி நேரம்	4 ம 40 நி 46·3 வி
அன்று E =	0 ம 2 நி 22·96 வி
Eன் மணிக்கு மாற்றம்	0·378 வி

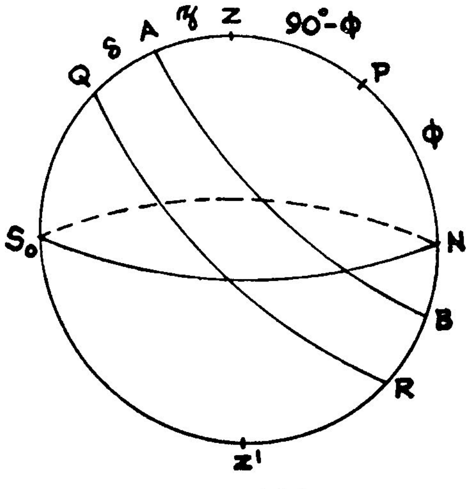
[4 ம 40 நி 16 8 வி]

24. பூமியின் குறிப்பிட்ட ஓர் இடத்தின் அகலாங்கு காணல்

(FINDING THE LATITUDE OF A PLACE ON EARTH)

பூமியில் ஓர் இடத்தைக் குறிக்கும் ஆயத்தொலைகள் (i) பூமியின் நெட்டாங்கு (Longitude), (ii) பூமியின் அகலாங்கு (Latitude).

கீழ்க்காணும் முறையை உபயோகித்து பூமியின் அகலாங்கைக் காணலாம்.



படம் 24-1

இம் முறை நிலப்பிரதேசத்திலும், கடலிலும் பயன்படுத்த வசதியானது.

ஒரு தெரிந்த விண்மீன் அல்லது கதிரவன் உச்சி கடக்கும்போது அதனுடைய ஏற்ற கோணம் பதிவுசெய்து அகலாங்கறிதல்

தெரிந்த விண்மீனெனில், அதன் (α, δ) நமக்குத் தெரியுமெனக் கொள்ள வேண்டும்.

தெரிந்த விண்மீன் உச்சி கடக்கும்போது உச்சிவரையில் அதன் நிலை, A எனக்கொள்வோம். NS_0 என்பது வானக் கோளத்தின் அடிவானம். QR வானக் கோளத்தின் நடுவரை. P வான வட துருவம்.

இனி $ZQ = 90° - PZ$

$$= ZN - PZ = PN = \phi \text{ (அகலாங்கு)}$$

ஆகவே, அகலாங்கு கணிக்க, ZQ தெரிந்தால் போதும்.

ஆனால், $\underline{ZQ = ZA + AQ}$ ஆகும்.

AQ என்பது விண்மீனின் தெரிந்த நடுவரை விலக்கம் δ ஆகும்.

ZA என்பது விண்மீன் உச்சி கடக்கும்போது, அதன் உச்சி தூரம் z ஆகும்.

இப்போது ஏற்ற கருவிகள் கொண்டு விண்மீன் உச்சி கடக்கும்போது அதன் ஏற்றத்தை (altitude) (அ-து) AS_0-ஐ அளக்கலாம்.

$$\therefore ZA = 90° - AS_0 \text{ ஆகும்.}$$

ஆகவே, ZA = z-ன் மதிப்பை அறியலாம்.

$$\therefore \text{அகலாங்கு } \underline{\phi = ZQ = ZA + AQ = z + \delta}$$

என்னும் சூத்திரத்திலிருந்து கணக்கிடலாம்.

குறிப்புகள் I : விண்மீன் Z-க்குத் தெற்கே உச்சி கடந்தால், z மிகை மதிப்புடையது (+) எனவும், Z-க்கு வடக்கே கடந்தால், குறை மதிப்புடையது (—) எனவும் கொள்வோம். விண்மீன் நடுவரைக்கு வடக்கே இருந்தால் δ மிகை மதிப்புடையது (+) எனவும், தெற்கேயிருப்பின் குறை மதிப்புடையது (—) எனவும் கொள்வோம்.

இந்த மரபுப்படி, $\phi = z + \delta$ என்னும் சூத்திரம் எப்போதும் உண்மையாகும். இதன்படி ϕ மிகை மதிப்பானால், இடத்தின் அகலாங்கு வடக்கு எனவும், குறை மதிப்பாயின் தெற்கு எனவும் கொள்க.

குறிப்புகள் 2 : பதிவு செய்யப்பட்ட உயரம் அல்லது ஏற்ற கோணத்தைத் தொடுவானத் தாழ்வுக்கு (dip) திருத்தம் செய்ய வேண்டும்.

3. நட்சத்திரத்திற்குப் பதிலாகக் கதிரவன் உச்சி கடக்கும் போது அதன் கீழ் விளிம்பின் உயரம் பதிவு செய்யப்பட்டால், அத்துடன் கதிரவனுடைய கோண அரைவிட்ட அளவைக் கூட்டினால், கதிரவனின் மையத்தின் ஏற்றம் கிடைக்கும். மேல் விளிம்பின் ஏற்றம் பதிவு செய்யப்பட்டால், கோண அரைவிட்ட அளவைக் கழிக்கவேண்டும்.

4. (α, δ) ஆயத் தொலைகள் கொண்ட ஒரு நட்சத்திரம் உச்சி கடக்கும்போது அதன் உச்சி தூரம் z' எனின்,

$$\phi = z' + k \tan z' + \delta$$

இடத்தின் அகலாங்கு ϕ தெரிந்திருந்தால், மேற்கண்ட தொடர்பிலிருந்து ஒளிக் கோட்டக்கெழு காணலாம். இரண்டு தெரிந்த விண்மீன்கள் உச்சி கடக்கும்போது அவற்றின் உச்சி தூரங்கள் அளவிடப்பட்டால், ϕ, k ஆகிய இரண்டையும் காணலாம்.

பயிற்சி

1. டிசம்பர் 4ஆம் தேதி சூரியனது உச்சி உயரம் 16° 8′ எனப் பதிவு செய்யப்பட்டது. கிரீன்விச் கடிகாரம் (chronometer) கிரீன்விச்சில் சராசரிக் கதிரவனின் வழி மணி 6 ம 5 நி 12 வி எனக் காட்டுகிறது. மாலுமி பஞ்சாங்கத்திலிருந்து, கிரீன்விச்சில் இதற்கு முந்தைய நண்பகலின் போது சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் 22° 19′ 25″ தெற்கு எனத் தெரியவருகிறது. ஒவ்வொரு மணியும் நடுவரை விலக்கத்தில் மாறுதல் 19·6″ ஆகும். கடிகாரப் பிழை + 3 நி 20 வி எனில், கப்பல் உள்ள இடத்தின் அகலாங்கைக் காண்க.
[51° 30′ 34·6″]

2. ஓரிடத்தில் ஒரு மறையா விண்மீன் மேல், கீழ் உச்சிகள் கடக்கும்போது, அதனுடைய உச்சி தூரங்கள் முறையே 47° 28′, 22° 18′. ஒளிக்கோட்ட மாறிலி 58·2″ ஆனால், அவ்விடத்தின் அகலாங்கைக் காண்க.

[விடை 56° 6′ 16·5″]

3. ஓரிடத்தில் கதிரவன் நண்பகல் உச்சி கடக்கும்போது உச்சி தூரம் 35°. அன்று நள்ளிரவு உச்சிகடக்கும்போது உச்சி தூரம் 5°9′. கதிரவனின் நடுவரை விலக்கம் அன்று மணிக்கு 45″ வேகத்தில் வளர்ந்து சென்றதெனின், அவ்விடத்தின் அகலாங்கு என்ன ?

[69° 51′]

4. பூமியின் எப்பகுதிகளில், சூரியன் நேருச்சியில், ஆண்டின் சில காலத்திற்கேனும், காணப்படுவான் ?

[$\phi = z + \delta$; சூரியன் நேருச்சியில் இருப்பதால், $z = 0$ $\therefore \phi = \delta$ சூரியனுக்கு $\delta = \pm 23\frac{1}{2}°$. ஆகவே, அகலாங்கு $+ 23\frac{1}{2}°$-லிருந்து $- 23\frac{1}{2}°$ உள்ள பகுதிகளில் சூரியன் நேருச்சியில் காணப்படுவான்]

5. ஓரிடத்தில் சந்திரன் உச்சி கடக்கும்போது அதன் கீழ் விளிம்பின் ஏற்றகோணம் 49° 37′. அப்போது அது உச்சிக்குத் தெற்காக இருக்கிறது. அதன் நடுவரை விலக்கம் +3° 13′ எனவும், அதன் அரைவிட்டக் கோணம் 15′ எனவும், அதன் தொடுவான புவிமையத் தோற்றப்பிழை 55′ 2″ எனவும், பார்வையாளன் 36 அடி உயரத்தில் இருந்து காட்சிப் பதிவு செய்கிறான் எனவும் கொண்டு, அவ்விடத்தின் அகலாங்கைக் கவனிக்கவும்.

[புவிமையப் பிழை காரணமாகச் சந்திரன் தொடுவானம் பக்கமாகத் தாழ்த்தப்படுகிறது. ஆகவே அதன் ஏற்ற கோணம் குறைந்து காணப்படுகிறது.

ஏற்றகோணத்தில் ஏற்படும் தாழ்வு

$p = P \sin z$

$= 55' 2'' \sin (90° - 49° 37') = 55' 2'' \sin 40° 23'$

$= 55' 2'' \times \cdot 6479 = 36'$

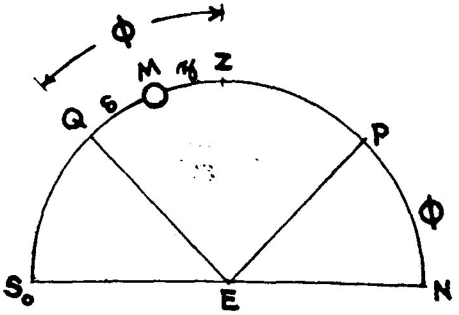
அடிவானத் தாழ்வின் காரணமாக வானம் தாழ்த்தப் பட்டு ஏற்ற கோணம் மிகுதியாக்கப்படுகிறது.

அடிவானத் தாழ்வு $= D = \sqrt{36'} = 6'$

$\therefore$ திருத்தப்பட்ட சந்திரனின் கீழ் விளிம்பின் ஏற்ற கோணம்

$= 49° 37' + p - D = 49° 37' + 36' - 6' = 50° 7'$

சந்திரனின் மையத்தின் ஏற்றகோணம் காண இத்துடன் அதன் கோண அரை விட்டத்தைக் கூட்ட,



படம் 24-2

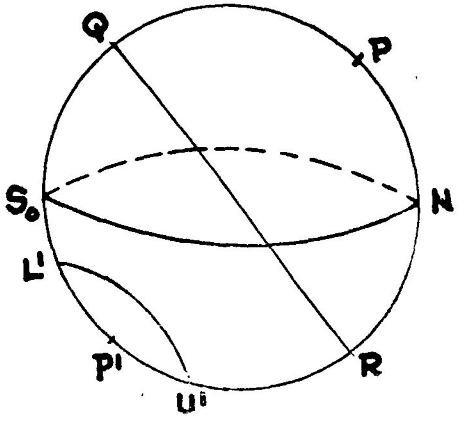
சந்திரனின் மையத்தின் ஏற்றகோணம்

$= 50° 7' + 15' = 50° 22'$

இனி அகலாங்கு $= \phi = z + \delta$

$= (90° - 50° 22') + 3° 13'$

$= 42° 51'$



படம் 24-3

6. ஓரிடத்தில் α-க்ருஸிஸ் (α-Crucis) என்னும் விண்மீன் கீழுச்சி கடக்கும்போது அதன் ஏற்றகோணம் 19° 57′ 30″ அதன் நடுவரை விலக்கம் 62° 31′ 30″ தெற்கு எனின் அவ்விடத்தின் அகலாங்கைக் காண்க.

[விண்மீனின் நடுவரை விலக்கம் தெற்காக இருப்பதால் அது ஒரு தெற்கு மறையா விண்மீனாகும். அதன் தினசரிப்பாதை படத்தில் $L'U'$ என்ற சிறு வட்டமாகும்.

அது கீழுச்சி கடக்கும்போது அதன் ஏற்றகோணம்

$$= S_0L' = 19° \; 57' \; 30''$$

அதன் நடுவரை விலக்கம்

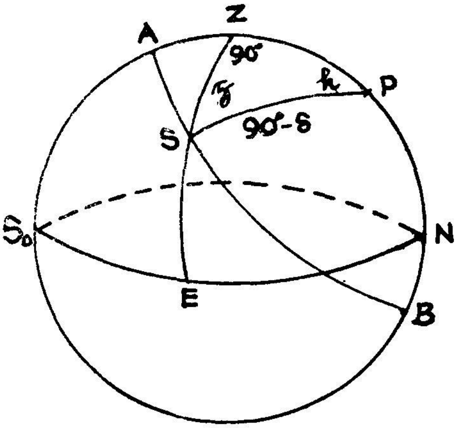
$$= QL' = 62° \; 31' \; 30''$$

$$\therefore \; QS_0 = QL' - S_0L'$$
$$= 62° \; 31' \; 30'' - 19° \; 57' \; 30'' = 42° \; 34'$$

இடத்தின் அகலாங்கு = துருவத்தின் ஏற்றகோணம்

$$= S_0P' = QP' - QS_0 = 90° - 42° \; 34' = 47° \; 26'$$]

7. ஒரு தெரிந்த விண்மீன் (α, δ) மூலக் குத்துவட்டத்தைக் (Prime vertical) கடக்கும்போது அதன் உச்சி தூரத்தையோ அல்லது நேரக் கோணத்தையோ அளந்து, அகலாங்கு ϕ-ஐக் கணக்கிடலாம் என்பதை விளக்குக.



படம் 24-4

[முக்கோணம் PSZ-லிருந்து, $\sin\phi = \sin\delta \sec z$ அல்லது $\cot\phi = \cos h \cot\delta$ எனக் காணலாம்.]

8. மே மாதம் 11ஆம் தேதி, சூரியன் நேர் கிழக்கில் இருந்த போது அதன் ஏற்ற கோணம் 9° எனக் காணப்படுகிறது. அதன் நடுவரை விலக்கம் = + 18°. அந்த இடத்தின் அகலாங்கைக் காண்க.

9. வல ஏற்றம் 21 மணியும், நடுவரை விலக்கம் $+30°$ உள்ள ஒரு நட்சத்திரம் மூலக் குத்துவட்டத்தைக் கடக்கும் போது, அதன் உச்சி தூரம் $42°$ எனின், அந்த இடத்தின் அகலாங்கைக் காண்க.

10. ஒரு விண்மீன் கிழக்கே குத்துவட்டத்தைக் கடத்தலுக்கும், மேற்கே குத்துவட்டத்தைக் கடத்தலுக்கும் உள்ள இடைவெளி 4 மணி நேரம். அதன் நடுவரை விலக்கம் $\tan^{-1}(\frac{1}{2})$ எனின், அவ்விடத்தின் அகலாங்கு $30°$ என நிறுவுக.

11. ஓரிடத்தில் ஜூன் 22ஆம் தேதி நண்பகலில் நிலத்தில் செங்குத்தாக நிலைநிறுத்தப்பட்ட ஒரு குச்சியின் நிழல் நீளம் அக் குச்சியின் நீளத்திற்குச் சமமாயின் அவ்விடத்தின் அகலாங்கு என்ன? அன்று நள்ளிரவில் கதிரவனின் கீழுச்சி தூரம் என்ன?

12. ஒரு விண்மீன் மூலக் குத்துவட்டத்தின் (Prime vertical) மீதுள்ளபோது அதன் ஏற்ற கோணம் $30°$ ஆக உள்ளது. அது உச்சிவரை கடக்கும்போது அதன் ஏற்ற கோணம் $45°$. அவ்விடத்தின் அகலாங்கைக் காண்க.

25. உச்சிவட்டம் காணல் — ஊர்ப்பொழுது காணல் — ஓர் இடத்தின் நெட்டாங்கு காணல்

1. ஓரிடத்தின் உச்சி வட்டத்தை நிச்சயித்தல் (Fixing the meridian)

கிடைத்தளத்தில் ஏதேனும் ஒரு புள்ளி Oவை மையமாகக் கொண்டு ஒரு வட்டம் வரைக. O என்னுமிடத்தில் OA என்ற ஒரு கம்பியைத் தரைக்குச் செங்குத்தாக நாட்டுக. ஒருநாள் பொழுதில் அக்கம்பியின் நிழல் முனை இருமுறை வட்டப் பரிதியைத் தொடும்; ஒன்று சூரியன் வானத்தில் ஏறும்போதும், மற்றொன்று வானத்தில் இறங்கும்போதும். அவ்விரு தருணங்களிலும் அந்நிழற் கோடுகளைத் தளத்தின் மேல் வரைக. அக்கோடுகள் OB, OC எனக் கொள்வோம். நிழல் நீளங்கள் சமமாயிருக்கும் சமயங்களில் சூரியனின் ஏற்ற கோணங்கள் சமமாக இருக்கும். அடிவானத் தூரங்கள் சமமாக இருக்கும். AOB, AOC என்ற இரு தளங்களும் அந்தந்தத் தருணங்களில் சூரியன் வழியே செல்லும் செங்குத்துத் தளங்களாகும். இவ்விரு தளங்களும் உச்சி வட்டத்திற்குச் சமச்சாய்வு பெற்றிருக்கும். BOC என்னும் கோணத்தை இரு சமமாகப் பிரிக்கும். NS_0 என்னும் கோடே வடக்குத் தெற்குக் கோடாகும். ANS_0 என்னும் தளமே அவ்விடத்தின் உச்சி வட்ட தளமாகும்.

2. ஊர்ப்பொழுது காணல் (Finding local time)

(i) முதல் முறை: சூரியன் உச்சி கடக்கும்போது, அதன் கீழ், மேல் விளிம்புகள் உச்சி கடக்கும் நேரங்களை அவ்வூர் கடிகாரம் கொண்டு பதிவு செய்யவும். இவற்றின் சராசரி, சூரியனின் மையம் உச்சி கடக்கும் நேரத்தைத் தருகிறது. அதாவது

அவ்வூரில் (தோற்றக்) கதிரவன் நண்பகல் நேரம் தெரியவருகிறது. அதே சமயத்தில் அதே இடத்தில் கிரோனாமீட்டர்* உதவியுடன் கதிரவன் மையம் உச்சி கடக்கும் கிரீன்விச் சராசரி நேரத்தைக் குறித்துக் கொள்ளவும்.

மாலுமிப் பஞ்சாங்கத்திலிருந்து அன்று கிரீன்விச் சராசரிக் கதிரவன் நள்ளிரவுக்குரிய காலக் குறைநிறைச் சமன்பாடு, அச்சமன்பாடு அன்று மணிக்கு மணி மாறும் விகிதம் ஆகியவற்றைக் குறித்துக் கொள்ளவும்.

இவற்றைக்கொண்டு அன்று காட்சிப் பதிவு செய்த நேரத்திற்குரிய காலக் குறைநிறைச் சமன்பாடு கணிக்கலாம்.

ஆகவே, சராசரிக் கதிரவன் வழிப்படி ஊர்ப்பொழுது

= 12 மணி—அத்தருணத்திற்குரிய காலக் குறைநிறைச் சமன்பாடு.

உதாரணம் 1 : ஓரிடத்தில், தோற்ற நண்பகலின்போது கிரோனாமீட்டர்படி நேரம் 19 ம 40 நி. அன்றைய தினம் காலக் குறைநிறைச் சமன்பாட்டின் அளவு = — 3நி 10வி எனின் அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கைக் காண்க.

தோற்ற நண்பகலின்போது, தோற்றக் கதிரவன்வழி நேரம் = 12 ம.

காலக் குறைநிறைச் சமன்பாடு E = — 3நி 10வி.

வரையறைப்படி, அவ்வூரில்,

தோற்றக் கதிரவன்வழி நேரம் — சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம் = E

∴ சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம் = தோற்றக் கதிரவன்வழி நேரம் — E

= 12 ம — (— 3 நி 10 வி)

= 12 ம 3 நி 10 வி

---

* கிரோனாமீட்டர் என்பது மிக நுட்பமாகச் செய்யப்பட்ட ஒரு பெரிய கடிகாரம்தான். இது கிரீன்விச் காலம் காட்டும்—அதாவது 0° நெட்டாங்கு உள்ள இடத்தில் உள்ள காலமாகும். எல்லா வானியல் ஆய்வுக் கூடங்களிலும் கிரீன்விச் கடிகாரம் கட்டாயம் இருக்கும். கப்பல் மாலுமிகளுக்குத் தாங்கள் இருக்குமிடத்தை அறிந்துகொள்ள (இருக்கும் இடத்தின் நெட்டாங்கு அகலாங்கு கணிக்க) கிரீன்விச் காலம் காட்டும் கடிகாரம் மிகவும் இன்றியமையாதது.

∴ ஊர்ப்பொழுது, சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம்
= 12ம 3நி 10வி

ஆனால் கிரீன்விச் சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம் = 19ம 40நி

∴ அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கு = 19 ம 40நி − 12ம 3நி 10வி
= 7ம 36நி 50வி, மேற்கு
= $114^\circ\ 6'\ 30''$, மேற்கு

உதாரணம் 2: ஒரு கப்பலில் (தோற்றக் கதிரவன்) நண்பகலில் கீழ்க்காணும் பதிவுகள் செய்யப்பட்டன.

பதிவுகள் செய்யப்பட்ட நேரம்: கிரீன்விச் சராசரிக் கதிரவன் நேரம் காட்டும் கடிகாரப்படி (keeping G.M.T.) 14ம 30நி 26வி.

மாலுமிப் பஞ்சாங்கப்படி, அன்று கிரீன்விச் நண்பகலில்
E = −7நி 38·6வி

மணிக்குமணி Eன் வேறுபாடு = — ·54வி

இப்பதிவுகளிலிருந்து அக்கப்பலிருக்கும் இடத்தின் ஊர்ப்பொழுதையும், அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கினையும் கணிக்க.

பதிவுகள் செய்யப்பட்ட நேரம் (தோற்றக் கதிரவன்படி)
= 12மணி

பதிவுகள் செய்யப்பட்ட G.M.T. நேரம் 14ம 30நி 26வி

∴ கிரீன்விச் நண்பகல் கழிந்துச் சென்ற நேரம்
= 2ம 30நி 26வி

இவ்விடைவெளியில் Eன் மாற்றம் = 2·5 × —·54வி

∴ G.M.T. நேரம் 14ம 30நி 26விக்கு
E = —7நி 38·6வி − 2·5 × ·54வி
= —7நி 40வி

இனி, அவ்விடத்தில் தோற்றக் கதிரவன்வழி நேரம் − சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம் = E (வரையறை)

12ம—சராசரிக் கதிரவன் நேரம் = − 7நி 40வி

∴ சராசரிக் கதிரவன் நேரம் = 12ம 7நி 40வி

(அ-து) ஊர்ப்பொழுது = 12ம 7நி 40வி

இனி, கப்பலிருக்கும் இடத்தின் நெட்டாங்கு

= கிரீன்விச் சராசரிக் கதிரவன் நேரம்—ஊர்ப்பொழுது

= 14ம 30நி 26வி − 12ம 7நி 40வி

= 2ம 22நி 56வி மேற்கு

= 35·69° மேற்கு (தோராயமாக)

(ii) ஊர்ப்பொழுது காண இரண்டாவது முறை (சம உயர முறை) (Method of Equal Altitudes) : உச்சி வரைக்கு வருவதற்குச் சுமார் 1 மணி நேரத்திற்கு முன்பாக, ஒரு தெரிந்த விண்மீனின் ஏற்றம் (altitude) அல்லது உயரம் (a) பதிவு செய்யப்படுகிறது. அச்சமயத்தின் மீன்வழி நேரம் t_1ம் பதிவு செய்யப்படுகிறது. விண்மீனின் தினசரிப் பாதை உச்சிவரைபற்றிச் சமச்சீர் உடையதாதலால் அது உச்சிவரை கடந்து சுமார் 1 மணி நேரம் கழித்து மீண்டும் அதே உயரம் (a)யை அடையும். இத்தருணத்தின் மீன்வழி நேரம் t_2ம் குறிக்கப்படுகிறது.

ஆகவே உச்சிவரை கடக்கும்போது மீன்வழி நேரம் $= \frac{1}{2}(t_1 + t_2)$ ஆகும். இது அந்த விண்மீனின் தெரிந்த வல ஏற்றம் a க்குச் சமமாக வேண்டும் என அறிவோம். வித்தியாசமிருப்பின் அதுவே கடிகாரத்தின் பிழையாகும் (அ-து) கடிகாரப்பிழை $= \frac{1}{2}(t_1 + t_2) - a$.

இனி விண்மீன் உச்சி கடக்கும்போது ஊர்ப்பொழுது (local) மீன்வழி நேரம் $= \frac{1}{2}(t_1 + t_2)$ என்பதிலிருந்து, சராசரிக் கதிரவன் வழி ஊர்ப்பொழுதை நாம் கணக்கிடலாம்.

குறிப்புகள் : (1) பதிவு செய்யப்படும் இரு உயரங்களும் சமமாகையால், வானக் கருவிகளின் பிழைகள், வான ஒளிக்கதிர் கோட்டம் ஆகியவற்றிற்குத் திருத்தங்கள் செய்யத் தேவையில்லை.

(2) விண்மீனுக்குப் பதில் சூரியனை எடுத்துக்கொள்ளுமிடத்து, அதன் கோணவிட்டம் தெரியத் தேவையில்லை.

(3) அவ்விடத்து உச்சிவரையும் திட்டமாகத் தெரியத் தேவையில்லை.

மேலே கூறிய காரணங்களைக் கருதி இம்முறையே மிக அனுகூலமானதும், மிகச் சரியானதும் ஆகும்.

சரியான விடை கிடைக்க மூன்று அல்லது நான்கு ஜோடிப் பதிவுகள் செய்யவேண்டும்

உதாரணம் 1: மார்ச் மாதம் 15ஆம் தேதி சித்திரை (Spica) நட்சத்திரத்தின் சம உயரங்கள் பதிவு செய்யப்பட்டன. அவை கீழே தரப்பட்டுள்ளன. சித்திரை நட்சத்திரத்தின் வல ஏற்றம் 13 ம 22 நி. மார்ச் மாதம் 15ஆம் தேதியன்று, கிரீன்விச்சில் சராசரி நள்ளிரவின் மீன்வழி நேரம் 23 ம 33நி 5 வி என்றும், கிரோனாமீடர் பிழை +2 நி 36·5 வி என்றும் கொண்டு, காட்சிகள் பதிவு செய்யப்பட்ட இடத்தின் நெட்டாங்கினைக் காண்க.

சித்திரையின் உயரம்	கிரோனாமீடர் (G.M.T.) நேரம்	
	சித்திரை உச்சிவரைக்குக் கிழக்கு	சித்திரை உச்சி வரைக்கு மேற்கு
104°	10 ம 20 நி 5 வி	14 ம 40 நி 38 வி
104° 10′	10 ம 20 நி 28 வி	14 ம 40 நி 10 வி
104° 20′	10 ம 20 நி 54 வி	14 ம 39 நி 42 வி

கிரோனாமீடர்படி, சித்திரை உச்சி கடக்கும் நேரம்

$= \frac{1}{3}$ [$\frac{1}{2}$ (10 ம 20 நி 5 வி + 14 ம 40 நி 38 வி)

+ $\frac{1}{2}$ (10 ம 20 நி 28 வி + 14 ம 40 நி 10 வி)

+ $\frac{1}{2}$ (10 ம 20 நி 54 வி + 14 ம 39 நி 42 வி)]

= 12 ம 30 நி 19·5 வி

கிரோனாமீடர் பிழை = 2 நி 36·5 வி

∴ அந்த இடத்தில் சித்திரை உச்சி கடக்கும்போது கிரீன்விச் சராசரி மணி

= 12 ம 30 நி 19·5 வி + 2 ம 36·5 வி

= 12 ம 32 நி 56 வி

இதை கிரீன்விச் மீன்வழி நேரமாக மாற்ற, இத்துடன் 123·5 வி சேர்க்கவும். (அ-து) 2 நி 3·5 வி சேர்க்கவும்.

∴ கிரீன்விச் சராசரி நள்ளிரவிலிருந்து மீன்வழி நேரம் இடைவெளி = 12 ம 32 நி 56 வி + 2 நி 3·5 வி

= 12 ம 34 நி 59·5 வி

∴ அத்தருணத்தில் கிரீன்விச் மீன்வழி நேரம்

= 23 ம 33 நி 5 வி + 12 ம 34 நி 59·5 வி

= 36 ம 8 நி 4·5 வி

= 12 ம 8 நி 4·5 வி

ஆனால், உச்சி கடக்கும்போது மீன்வழி ஊர்ப்பொழுது = சித்திரையின் வல ஏற்றம் = 13 ம 22 நி

∴ இடத்தின் நெட்டாங்கு

= 13 ம 22 நி — 12 ம 8 நி 4·5 வி

= 1 ம 13நி 5·55 வி கிழக்கு

= $17°\ 58'\ 52{\cdot}5''$ கிழக்கு

உதாரணம் 2 : ஓரிடத்தில் தோற்றக் கதிரவன் நண்பகல் போது, கிரீன்விச் சராசரிக் கதிரவன் நேரம் 5ம 4நி 30வி. அன்றைய தினத்திற்கு E = + 6நி 12வி எனில், அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கு என்ன?

தோற்றக் கதிரவன் நண்பகல்போது, தோற்றக் கதிரவன் நேரம் = 12ம

E = 6நி 12 வி

∴ தோற்றக் கதிரவன் நேரம் — சராசரிக் கதிரவன் நேரம் = E

∴ தோற்றக் கதிரவன் நண்பகல்போது, சராசரிக் கதிரவன் ஊர்ப்பொழுது சராசரி நேரம் = தோற்றக் கதிரவன் நேரம் — E

= 12ம — 6நி 12வி

= 11ம — 53நி 48வி

கிரீன்விச் சராசரிக் கதிரவன் நேரம்

= 5ம 4நி 30வி

∴ இடத்தின் நெட்டாங்கு

= 11ம 53நி 48வி — 5ம 4நி 30வி

= 6ம 49நி 18வி கிழக்கு

= $102°\ 19'\ 30''$ கிழக்கு

உதாரணம் 3: கிரோனாமீட்டர்படி, 2ம 30 நிமிடத்திற்கும், 4மணி 30நிமிடத்திற்கும் சூரியன் ஓரிடத்தில் சம ஏற்ற கோணங்களில் காணப்பட்டது. அன்று $E = +6$நி ஆனால், அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கு என்ன?

தோற்றக் கதிரவன் நண்பகல் ஊர்ப்பொழுதின்போது, கிரீன்விச் சராசரிக் கதிரவன் நேரம்

$= \frac{1}{2}$ (2ம 30நி + 4ம 30நி) = 3ம 30நி

$E = +6$நி

(தோற்றக் கதிரவன் நண்பகல் ஊர்ப்பொழுதின்போது)

கிரீன்விச் தோற்றக் கதிரவன் நேரம் — கிரீன்விச் சராசரிக் கதிரவன் நேரம் = E

∴ கிரீன்விச் தோற்றக் கதிரவன் நேரம்

= கிரீன்விச் சராசரிக் கதிரவன் நேரம் + E

= 3ம 30நி + 6நி

= 3ம 36நி

ஊரில் நண்பகல்போது, தோற்றக் கதிரவன் நேரம் = 12ம

ஆகவே, ஊரின் நெட்டாங்கு = 12ம — 3ம 36நி

= 8 ம 24நி கிழக்கு

= 126° கிழக்கு

3. ஓரிடத்தின் நெட்டாங்கு காணல்

ஓர் இடத்தின் கிழக்கு நெட்டாங்கு $l°$ எனில், அவ்வூர்ப்பொழுது (எந்த அலகிலேனும்)

$= $ கிரீன்விச் ஊர்ப்பொழுது (அதே அலகில்) + $\frac{l}{15}$ மணிகள்

ஆகும் என நாம் ஏற்கெனவே விளக்கியுள்ளோம்.

இதே போல், மேற்கு நெட்டாங்கு $l°$ உள்ள இடத்தில், அவ்வூர்ப்பொழுது (எந்த அலகிலேனும்)

$= $ கிரீன்விச் ஊர்ப்பொழுது (அதே அலகில்) — $\frac{l}{15}$ மணிகள்

ஆகும்

ஆகவே, ஓர் இடத்தின் நெட்டாங்கை அறிய, அந்த இடத்தின் ஊர்ப்பொழுதை அதே தருணத்தில் அதே அலகில் உள்ள கிரீன்விச் ஊர்ப்பொழுதுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்த்துக் கணக்கிடலாம்.

ஓர் இடத்தின் நெட்டாங்கை அறியப் பல முறைகள் இருந்தன. ஆனால் மிக நவீன முறையாகிய ரேடியோ சமிக்கை முறை வழக்கில் வந்த பிறகு, இந்த முறைகள் எல்லாம் வழக்கற்றுப் போயின. ஆகவே ரேடியோ சமிக்கை முறையை விவரிப்போம்.

(i) **ரேடியோ சமிக்கை மூலம் நெட்டாங்கறிதல்** : ஒவ்வொரு நாளும் முக்கியமான இடங்களிலிருந்து ரேடியோ சமிக்கைகள் மூலம் கிரீன்விச் நேரம் ஒலிபரப்பப்படுகின்றன. இதை பூமியில் எந்தப் பகுதியில் உள்ளவர்களும், கப்பலில் உள்ளவர்களும் கேட்டுத் தங்கள் கிரோனாமீடரைத் திருத்தம் செய்து சரியான கிரீன்விச் மணி காட்டுமாறு வைத்துக்கொள்ளலாம். இந்த நேரத்தைச் சராசரிக் கதிரவன் ஊர்ப்பொழுதுடன் ஒப்பிட்டு, அந்த இடத்தின் நெட்டாங்கைச் சரியாகக் கணக்கிடலாம்.

(ii) **சம்னர் முறை** (Captain Sumner's method) : ரேடியோ சமிக்கை முறை வந்த பிறகு, பழைய முறைகள் எல்லாம் வழக்கற்றுப் போயின எனக் கூறினோம். ஆனால் வரலாற்று முக்கியத்துவம் வாய்ந்த சம்னர் முறையை மட்டும் இப்போது விளக்குவோம். இந்த முறைப்படி, திசை தப்பிப் போன கப்பல் தானிருக்கும் இடத்தை அறிந்துகொள்ள முடியும்.

கதிரவன் நேர், கீழ்ப்புள்ளி (Sub Solar Point) : கதிரவனை, பூமியின் மையத்தோடு இணைக்கும் கோடு, பூமியின் மேற்பரப்பை A என்னும் புள்ளியில் வெட்டினால், (A என்பது அத்தருணத்தில் சூரியனின் **நேர்க்கீழ் புள்ளி** (sub solar point) எனப்படும்) ஒவ்வொரு தருணத்திற்கும் ஒரு நேர்க்கீழ் புள்ளியிருக்கும். ஏதேனும் ஒரு புள்ளியைச் சூரியனின் நேர்க்கீழ் புள்ளி எனக் குறிப்பிட்டால், சூரியன் அத்தருணத்தில் அப்புள்ளிக்கு நேருச்சியில் காணப்டுவான் எனப் பொருள்படும்.

ஒரு குறிப்பிட்ட தருணத்தில், எங்கேயோ உள்ள ஒரு கப்பலில் கிரோனாமீடர் காட்டும் கிரீன்விச் சராசரிக் கதிரவன் மணி t எனக் கொள்க. மாலுமி பஞ்சாங்கம் கொண்டு அன்றைய தினத்திற்குரிய காலக் குறைநிறைச் சமன்பாடு E என்பதைக் குறிக்கவும்.

∴ அத்தருணத்திற்குரிய கிரீன்விச் தோற்றக் கதிரவன்

நேரம் $= t + E$ ஆகும்

இதே சமயம், கதிரவன் நேர்க்கீழ் புள்ளியில் தோற்றக் கதிரவன் நேரம் = 12மணி (கதிரவன் அச்சமயம் நேர்க்கீழ் புள்ளிக்கு மேல் இருப்பதால்)

ஆகவே அச்சமயம் கதிரவனின் நேர்க் கீழ்புள்ளியின் நெட்டாங்கு $= 12 - (t + E)$ மணிகள். இதைப் பாகைகளில் மாற்றி, கதிரவன் நேர்க் கீழ் புள்ளியின் நெட்டாங்கு கணிக்கலாம்.

மேலும் மாலுமிப் பஞ்சாங்கத்திலிருந்து அத்தருணத்திற்குரிய கதிரவனது நடுவரை விலக்கம் குறித்துக் கொள்ளவும். அவ்விடத்தின் அகலாங்கு ϕ எனின்,

$$\phi = z + \delta \text{ ஆகும்}$$

ஆனால் $z = 0$, ஏனெனில் நேர்க்கீழ் புள்ளிக்கு மேல் சூரியன் உச்சியில் இருப்பான். ஆகவே உச்சி தூரம் $z = 0$

∴ $\phi = \delta$ [δ என்பது அத்தருணத்திற்குரிய கதிரவனது நடுவரை விலக்கம்]

இவ்வாறு, கதிரவனது நேர்க்கீழ் புள்ளியின் நெட்டாங்கையும் அகலாங்கையும் காணலாம்.

இதைக் கொண்டு, காப்டன் சம்னர் ஒரு கப்பலின் இடத்தைக் குறிக்கக் கீழ்வரும் நுட்பமான முறையை விளக்கினார்.

கப்பலில் இருந்து கதிரவனின் உச்சிவரை உச்சி தூரம் (meridian zenith distance) zஐ அளந்து கொள்க.

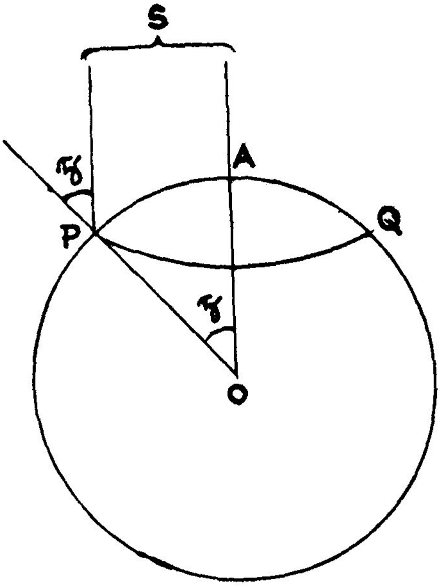
படத்தில் A என்பது சூரியனின் நேர்க்கீழ் புள்ளியாகட்டும். P என்பது கப்பல் உள்ள இடம். நாம் இப்பொழுது Pஐ இடம் குறிக்கவேண்டும்.

P யிலிருந்து பார்க்கும்போது, சூரியனின் உச்சி தூரம்

$$= z = \angle AOP$$

∴ வில் $AP = z$

ஆகவே சூரியனின் நேர்க்கீழ் புள்ளி *A*யை மையங் கொண்டு பூமியின் மீது *z* கோண ஆரம் கொண்ட ஒரு சிறு வட்டம் *PQ* வரைக. *PQ* என்ற வட்டத்தின் மீதுள்ள எல்லா இடங்களிலும் கதிரவன் உச்சி தூரம் *z* ஆக இருக்கும். ஆகவே கப்பலிருக்கும் இடம் *PQ* என்ற சிறு வட்டத்தின் மேல்தான் எங்காவது இருக்கும்.



படம் 25-1

PQ என்பது தலவட்டம் (circle of position) எனப்படும்.

சிறிது நேரம் கழித்து, இதே மாதிரி அப்பொழுதுள்ள *z*ஐ அளந்து, மற்றொரு தலவட்டம் வரைந்தால், இவ்விரு தல வட்டங்களும் வெட்டிக்கொள்ளும் இரண்டு இடங்களில் ஒரிடம் கப்பலிருக்கும் இடமாகும்.

சூரியனின் தொடுவான தூரத்தை அளந்தால் (ஒரு புள்ளிக்கு மட்டுமே இது பொருந்தும்), கப்பலின் உண்மையான நிலையை நாம் குறிக்கலாம்.

நடைமுறையில் கப்பல் மாலுமி பின் வழிப்படி தன் இடங் குறிக்கிறான்.

பூமியின் கோளம் தட்டைப் பரப்புப் படமாகக் கப்பலில் இருக்கும். இப்படத்தில் முன் கூறப்பட்ட இரு தல வட்டங்களும் இரு கோடுகளாகும். இக்கோடுகள் சம்னர் கோடுகள் எனப்படும். இரு காட்சிப் பதிவுகளும் ஒரே இடத்தில் செய்யப்பட்டால், அவ்விரு கோடுகளும் வெட்டும் இடம் கப்பலிருக்குமிடமாகும்.

இரு காட்சிப் பதிவுகளும் செய்யப்பட்ட கால இடை வெளியில் கப்பல் நகர்ந்துகொண்டே இருக்குமானால், முதல் கோட்டைக் கப்பல் நகர்ந்திருக்கக் கூடிய தூரத்திற்கு இணையாகவே நகர்த்தி இரண்டாம் கோட்டை வெட்டச் செய் தால், அவ்வெட்டுமிடம் கப்பல் உள்ள இடத்தைக் குறிக்கும்.

(iii) **விண்மீன்கள் நேர்க்கீழ்ப் புள்ளிகள் முறை :** மேலே குறிப் பிட்ட முறையில் சூரியனின் இரு நிலைகளுக்குப் பதிலாக, இரு விண்மீன்களைக் கொண்டு கீழ்க்காணும் முறையில் கப்பல் இருக்குமிடத்தைக் காணலாம்.

ஒரு விண்மீன் உச்சியிலிருக்கும்போது அதற்கு நேர்க்கீழே பூமியில் உள்ள புள்ளி, விண்மீன் நேர்க்கீழ் புள்ளி (sub stellar point) எனப்படும்.

ஒரு தருணத்தில், வல ஏற்றங்கள், நடுவரை விலக்கங்கள் (α_1, δ_1), (α_2, δ_2) கொண்ட இரு விண்மீன்களின் நேர்க்கீழ்ப் புள்ளிகள் S_1, S_2 ஆகுக. அத்தருணத்தில், ஒருங்கே அளக்கப் பட்ட அவற்றின் உச்சி தூரங்கள் முறையே z_1, z_2 எனக் கொள்க. அச்சமயம் கிரோனாமீடர்ப்படி கிரீன்விச் சராசரிக் கதிரவன் நேரம் t ஆகுக. t க்குரிய கிரீன்விச் மீன்வழி நேரம் t_1ஐ கணித்துக்கொள்ளவும்.

முதல் விண்மீன் நேர்க்கீழ்ப் புள்ளி S_1 ஆகையால் S_1 என்ற இடத்தில் அத்தருணத்தில் மீன்வழி நேரம் α_1. ஆனால் அத்தருணத்தில் கிரீன்விச் மீன்வழி நேரம் t_1. ஆகவே S_1 இடத் தின் நெட்டாங்கு $= \mid t_1 - \alpha_1 \mid$. அவ்விடத்தின் அகலாங்கு δ_1.

இவ்வாறே S_2 இடத்தில் மீன்வழி நேரம் α_2. ஆகவே S_2 இடத்தின் நெட்டாங்கு $= - \mid t_1 - \alpha_2 \mid$. S_2ன் அகலாங்கு $= \delta_2$. ஆகவே S_1, S_2 என்ற இடங்களை பூமியின்மீது இடங் குறிக்கலாம்.

இனி, கப்பல் இருக்குமிடத்தைக் குறிக்க, S_1ஐ மையங் கொண்டு z_1 ஆரங் கொண்டு பூமியின்மீது ஒரு சிறு வட்டம் வரைக. இவ்வாறே S_2ஐ மையங் கொண்டு z_2 ஆரங் கொண்டு

பூமியின் கோளப் பரப்பின் மேல் மற்றொரு சிறுவட்டம் வரைக. இவ்விரு வட்டங்கள் வெட்டுமிடம் இரண்டு. அவற்றில் ஒன்று கப்பல் இருக்குமிடம்.

உதாரணம் : கிரீன்விச் சராசரிக் கதிரவன் நேரம் 8 ம 30 நி 25 வி யாக இருக்கும்போது, சூரியனின் நடுவரை விலக்கம் 13° 52′ வடக்கு. அப்பொழுது $E = -4$ நி 17 வி எனில், சூரியனின் நேர்க்கீழ்ப் புள்ளியை இடங்குறிக்க.

குறிப்பிட்ட தருணத்தில் கிரீன்விச் சராசரிக் கதிரவன் நேரம்

= 8 ம 30 நி 25 வி

$E = -4$ நி 17 வி

∴ கிரீன்விச் தோற்றக் கதிரவன் நேரம்

= 8 ம 30 நி 25 வி + (− 4 நி 17வி) = 8ம 26நி 8வி

கதிரவனின் நேர்க்கீழ்ப் புள்ளியிடம், தோற்றக் கதிரவன் ஊர்ப்பொழுது 12 மணி.

ஆகவே கதிரவனின் நேர்க்கீழ்ப் புள்ளியின் நெட்டாங்கு

= 12 ம−8 ம 26 நி 8 வி

= 3 ம 33 நி 52 வி, கிழக்கு

கதிரவனின் நேர்க்கீழ்ப் புள்ளியின் அகலாங்கு

= சூரியனின் நடுவரை விலக்கம்

= 13° 52′ வடக்கு

ஆகவே, கதிரவன் நேர்க்கீழ்ப் புள்ளியின் நெட்டாங்கு

3ம 33நி 52வி கிழக்கு, அகலாங்கு = 13° 52′ வடக்கு

(iv) ஒரு தெரிந்த விண்மீன் உச்சி கடக்கும்போது அதன் உச்சி தூரம், கிரீன்விச் சராசரி நேரம் பதிவு செய்து, அந்த இடத்தின் நெட்டாங்கு, அகலாங்கு இரண்டையும் காணல்.

தெரிந்த விண்மீனின் வல ஏற்றம் α; நடுவரை விலக்கம் δ எனக் கொள்வோம்.

அது உச்சி கடக்கும்போது அதன் உச்சி தூரம் zஐப் பதிவு செய்க. அத்தருணத்திய கிரீன்விச் சராசரி நேரத்தையும் பதிவு செய்க. மாலுமிப் பஞ்சாங்கம் உதவி கொண்டு அத்தருணத்திய மீன்வழி நேரம் tஐக் காணலாம். அத்தருணத்திய மீன்வழி ஊர்ப் பொழுது = α.

ஆகவே, அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கு $= t - a$

அவ்விடத்தின் அகலாங்கு $= \phi = z + \delta$ ஆகும்.

உதாரணம் : வட கோளத்தில் உள்ள ஓரிடத்தில் சூரியன் உச்சி வரை கடக்கும்போது அதன் மையத்தின் ஏற்றகோணம் 42° 32′ 45″. அப்பொழுது கிரீன்விச் சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம் 12ம 51நி 45வி. பின்வரும் மாலுமிப் பஞ்சாங்கக் குறிப்புகள் கொண்டு, அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கு அகலாங்கு இரண்டினையும் காண்க.

காட்சிப் பதிவுகள் செய்த நேரத்திற்கு முந்தைய நள்ளிரவின் போது கதிரவன் நடுவரை விலக்கம் 1° 33′ 57″ தெற்கு

தினசரி நடுவரை விலக்க வளர்ச்சி 1403″·4

E = 8நி 55·08வி

Eன் தினசரி வளர்ச்சி 20·1 வி

செய்முறை :

முந்தைய நள்ளிரவின்போது,

E = 8 நி 55·08 வி

12 ம 51 நி 45 வியில் E-ல் மாற்றம் = 10·77 வி

∴ காட்சிப் பதிவு செய்தபோது E = 9 நி 5·85 வி

∴ கிரீன்விச்சில் தோற்றக் கதிரவன் நேரம்

= 12 ம 51 நி 45 வி + 9 நி 5·85 வி

= 13 ம 0 நி 50·85 வி

சூரியன் உச்சிவரை கடக்கும்போது,

தோற்றக் கதிரவன் ஊர்ப்பொழுது = 12 ம

∴ இடத்தின் நெட்டாங்கு

= 1 ம 0 நி 50·85 வி மேற்கு

இடத்தின் அகலாங்கு

$\phi = z + \delta$

$= 90 - a - \delta$ (δ தெற்கு ஆதலின்)

$= 90 - 42° 32' 45'' - \delta$

$= 90° - 42° 32' 45'' - 1° 33' 57'' - 12' 12''$

$= 45° 41' 6''$

(v) கீழ்வரும் கணக்கு, நெட்டாங்கு காண மற்றொரு முறையை விவரிக்கின்றது.

ஓரிடத்தில் சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம் மாலை 3 ம 40நி க்கு சந்திரனின் மையத்திலிருந்து உரோகிணியின் (Aldebaran) கோண தூரம் 66° 14′ எனப் பதிவு செய்யப்பட்டது. கிரீன்விச்சில் நண்பகலிலும், பிறகு மாலை 3 மணிக்கும் சந்திரனின் மையத்திலிருந்து அந்த விண்மீனின் கோண தூரங்கள் முறையே 65° 9′ 30″, 66° 41′ 30″ ஆக இருப்பின், அந்த இடத்தின் நெட்டாங்கினைக் காண்க.

கோண தூரத்தில் 3 மணிகளில் மாற்றம்

$$= 66°41'30'' - 65°9'30'' = 1°32' = 92'$$

கிரீன்விச் நண்பகலிலிருந்து பதிவு செய்யப்பட்ட காலத்திற்குள் கோண தூரத்தில் மாற்றம்

$$= 66°14' - 65°9'30''$$

$$= 1°4'30'' = \frac{129'}{2}$$

கோண தூரத்தில் 92′ மாற்றத்திற்குக் காலம்

= 3 மணிகள்

$\therefore \frac{129'}{2}$ மாற்றத்திற்குக் காலம்

$= \frac{129}{2} \times \frac{3}{92}$ மணிகள் = 2 ம 6 நி 3 வி

ஆகவே, காட்சிப் பதிவு செய்யப்பட்ட நேரத்தின் கிரீன்விச் நேரம் = 2 ம 6 நி 3 வி

ஆனால் காட்சிப் பதிவு செய்யப்பட்டபோது சராசரிக் கதிரவன்வழி ஊர்ப்பொழுது = 3ம 40 நி

∴ இடத்தின் நெட்டாங்கு = 3ம 40நி — 2ம 6நி 3வி

= 33நி 57வி கிழக்கு

= 8° 29′ 15″ கிழக்கு

நெட்டாங்கு காண முன்பு வழக்கிலிருந்த மற்றொரு முறையைப் பின்வரும் கணக்குத் தெளிவுபடுத்துகிறது.

இம்முறையில், *A* என்னும் இடத்தில் உள்ள கிரோனாமீடர் *B*க்கு அனுப்பப்பட்டு, அங்குள்ள கிரோனாமீடர் மணியுடன் ஒப்பிட்டு மீண்டும் *A* என்னும் இடத்திற்கே கொண்டுவரப்பட்டு *A*யில் உள்ள உள்ளூர் பொழுதுடன் மீண்டும் ஒப்பிடப்பட்டுத் திருத்தப்படுகிறது.

உதாரணம் : கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள பதிவுகளிலிருந்து *A*, *B* என்னும் இடங்களின் நெட்டாங்கு வித்தியாசத்தையும் அவற்றுள் எது மற்றொன்றுக்குக் கிழக்காக அமைகிறது எனவும் காண்க.

பதிவுகள்

ஜுன் 1 : கிரோனாமீடர் *A*யில் உள்ள ஊர்ப்பொழுதைவிட 5ம 45நி 7·5வி அதிகம் காட்டுகிறது.

ஜுன் 8 : கிரோனாமீடர் *B*யில் உள்ள ஊர்ப்பொழுதைவிட 5ம 52நி 29·2வி அதிகம் காட்டுகிறது.

ஜுன் 14 : கிரோனாமீடர் *B*யில் உள்ள ஊர்ப்பொழுதைவிட 5ம 52நி 49வி அதிகம் காட்டுகிறது.

ஜுன் 21 : கிரோனாமீடர் *A*யில் உள்ள ஊர்ப்பொழுதைவிட 5ம 56நி 10·7வி அதிகம் காட்டுகிறது.

ஜுன் 1 முதல் 21ஆம் தேதிவரை, ஆக 20 நாள்களில் கிரோனாமீடர் முன்னேறுவது 11நி 3·2வி ஆகும்.

ஜுன் 8 முதல் 14ஆம் தேதிவரை ஆக *B*யில் இருந்த 6 நாட்களில் கிரோனாமீடர் முன்னேறுவது 19·8வி ஆகும்.

ஆகவே, 14 நாள்கள் பிரயாணத்தில் (*A*யிலிருந்து *B*க்கும், *B*யிலிருந்து *A*க்கும்) கிரோனாமீடர் முன்னேறுவது 10 நி 43·4 வி

எனவே, ஜுன் 8ஆம் தேதி *A*யில் உள்ள ஊர்ப்பொழுதை விட

$$5ம\ 45நி\ 7{\cdot}5வி + \frac{10நி\ 43{\cdot}4வி}{2}$$ அதிகம் காட்டும்.

(அ-து) 5ம 45நி 7·5வி + 5நி 21·7வி அதிகம் காட்டும்

(அ-து) 5ம 50நி 29·2 அதிகம் காட்டும்

ஆனால் ஜுன் 8ஆம் தேதி *B*யில் உள்ள ஊர்ப்பொழுதைவிட 5ம 52நி 29·2வி அதிகம் காட்டும்

ஆகவே, *A*யில் உள்ள ஊர்ப்பொழுது *B*யில் உள்ள ஊர்ப்பொழுதைவிட 2நி அதிகமாகும்.

ஆகவே *A*யானது *B*க்கு 2நி (அ-து) 30′ கிழக்காக உள்ளது.

பயிற்சி

1. 5° 40′ மேற்கு நெட்டாங்குள்ள ஓரிடத்தில், ஒரு குத்துக் குச்சியின் நிழல் கிரீன்விச் சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரம் 9ம 27நிமிடத்திற்கும், 3ம 1நி 40வி க்கும் ஒரே நீளமுள்ளதாகக் காணப்படுகிறது. அன்றைய தினம் காலக் குறை நிறைச் சமன்பாடு 8நி 20வி எனக் காட்டுக.

2. ஏப்ரல் 6ஆம் நாள் ஒரு கப்பலில் உள்ள கிரோனாமீடர் 10ம 6நி 4வி நேரம் காட்டியபோதும், பிற்பகல் 4ம 3நி 12வி நேரம் காட்டியபோதும், சூரியனின் ஏற்ற கோணம் சம மதிப்புடையதாய் இருந்தது. அன்று Eன் மதிப்பு 2நி 20வி எனின், கப்பலின் நெட்டாங்கைக் காண்க (ஏப்ரல் முதல் தேதி கிரோனாமீடர் சரியான காலம் காட்டியது. அன்று முதல் அது தினசரி 5வி வேகமாகப் போகிறது).

[விடை 16° 38′ 24″ மேற்கு]

3. கிரோனாமீடர்படி 7ம 20நிமிடத்திற்கும், 9ம 36நிமிடத்திற்கும் கதிரவன் ஓரிடத்தில் சம ஏற்ற கோணங்களில் காணப்பட்டான். அன்று E = 12நி 11வி எனில், அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கு காண்க.

[48° 17′ 15″ கிழக்கு]

4. ஓரிடத்தில் தோற்றக் கதிரவன் நண்பகல் நேரம் கிரீன்விச் சராசரிக் கதிரவன் நேரப்படி 5 ம 4 நி 30 வி. அன்று $E = +6$ நி 12 வி எனின், அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கென்ன? [102° 19′ 30″ கிழக்கு]

5. ஓரிடத்தில் சந்திரனின் மையத்திலிருந்து மகம் என்ற விண்மீனின் கோண தூரம் 44° 15′ ஆகக் காணப்பட்டது. அப்பொழுது சராசரிக் கதிரவன் ஊர்ப்பொழுது 6 ம 30 நி (மாலை). மாலுமிப் பஞ்சாங்கப்படி அன்று கிரீன்விச் நேரம் மாலை 3 மணிக்கும், மாலை 6 மணிக்கும் அவ்விண்மீனின் தூரங்கள் முறையே 45° 13′ 19″ம், 43° 24′ 48″ ஆகும். அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கு என்ன? [28° 19′ கிழக்கு]

6. கிரோனாமீடர் நேரம் 21ம 9நி 30வி ஆக இருக்கும் போது, சூரியனின் கணக்கிட்ட (computed) நேரக் கோணம் 75° கிழக்கு ஆகும். $E = -$ 2நி 10வி எனில், நெட்டாங்கு காண்க. [31° 50′ மேற்கு]

26. சந்திரன்

1. சந்திரனைப் பற்றிய சில விவரங்களை நாம் ஏற்கெனவே முந்தைய அத்தியாயங்களில் தெரிந்து கொண்டிருக்கிறோம். இப்போது சந்திரனைப் பற்றி விரிவாகப் பார்ப்போம்.

சந்திரன் நமக்கு மிக அண்மையில் உள்ள விண் பொருளாகும். பூமியிலிருந்து சந்திரனது சராசரி தூரம் 238852 (ஏறத்தாழ 240,000) மைல்கள் ஆகும். அதன் ஆரம் ஏறத்தாழ 1075 மைல்களாகும். இதன் சராசரித் திண்மை தண்ணீரின் அடர்த்தியை விட $3\frac{1}{3}$ மடங்காகும். இதன் நிறை பூமியின் நிறையில் 38ல் ஒரு பங்கு இருக்கிறது. இதன் மேற்பரப்பில் உள்ள பொருள் கவர்ச்சியின் வலிமை பூமியின் மேற்பரப்பில் உள்ள பொருள் கவர்ச்சியின் வலிமையில் ஆறில் ஒரு பங்காகும். அதன் தொடுவானப் புவி மையத் தோற்றப் பிழை = 57′ 2″·7.

சந்திரனது கோண விட்டம் நிலைத்ததாக இல்லாமல், சில எல்லைக்குள் மாறுவதைக் கவனிக்கலாம். இதிலிருந்து பூமியைச் சுற்றிச் சந்திரனின் பாதை வட்டமாக இல்லாமல் ஒரு நீள்வட்டமாக இருக்கிறது என்று ஊகிக்கலாம். கோண விட்டத்தின் மீப்பெரு, மீச்சிறு மதிப்புகளிலிருந்து நீள்வட்டத்தின் குவிமையப் பிறழ்வைக் கணக்கிடலாம். இதன் மதிப்பு ·055 அல்லது ஏறத்தாழ $\frac{1}{18}$ ஆகக் காணப்படும். சந்திரனின் கோண விட்டத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் $27\frac{1}{3}$ நாள்கள் கால வட்டத்தில் நிகழ்வதைக் காண்கிறோம். இதிலிருந்து நிலைத்த விண்மீன் பின்னணியில் சந்திரன் பூமியைச் சுற்றிவர எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம் $27\frac{1}{3}$ நாள்கள் எனத் தெரிகிறது. இக்கால வட்டத்தை விண்மீன் மாதம் (siderial month) என்கிறோம். இதன் சரியான காலம் 27 நாள்கள் 7ம 43நி 11·5வி ஆகும். இவ்வாறாக விண்மீன் பின்னணியில் சந்திரன், பூமியைச் சுற்றி நாளொன்றுக்கு மேற்கிலிருந்து கிழக்காக 13°·2 நகருகிறது.

2. சந்திரனின் வான கோளப் பாதை ஒரு பெருவட்டமாகும். இது சூரியனின் பாதைக்கு ஏறத்தாழ (சராசரி) 5° 9′ சாய்ந்திருக்கிறது. ஆனால் இச் சாய்வு நிலைத்தது அல்ல; ஓராண்டுக் காலத்

தில் இச்சாய்வு 4° 59′ முதல் 5° 18′ வரை மாறி வருகிறது. சந்திரன் பாதையும் கதிரவன் பாதையும் வெட்டும் இரு இடங்களும் இரு கணுக்கள் (Nodes) எனப்படும். ஒன்று ஏறுகணு (Ascending node—இராகு) எனவும், மற்றொன்று இறங்கு கணு (Descending node—கேது) எனவும் கூறப்படும்.

ஆனால் நடைமுறையில் நாம் சந்திரனின் பாதை கதிரவன் பாதையுடன் இணைந்தது எனக் கொண்டு, சந்திரன் சூரியனின் பாதை (ecliptic) யில் நகருகிறது எனக் கருதலாம்.

சூரியனும், சந்திரனும், விண்மீன்களும், மற்றக் கோள்களும் பூமியின் தினசரி சுழற்சியின் காரணமாகக் கிழக்கிலிருந்து மேற்கில் போவதாகத் தோன்றுகின்றன. ஆனால் பூமி சூரியனைச் சுற்றி வருவதால், சூரியன் விண்மீன் பின்னணியில் மேற்கிலிருந்து கிழக்காக நகருவதாகவும் தோற்றுகிறான். இதேபோல் சந்திரன் பூமியைச் சுற்றி வருவதால் சந்திரனும் தன் பாதையில் நகருகிறான். ஆனால் சந்திரன் விண்மீன் பின்னணியில் சூரியனை விடச் சுமார் 13 மடங்கு வேகத்தில் நகருகிறான். நிலைத்த விண்மீன்கள் பின்னணியில் சூரியன் பூமியைச் சுற்றி மேற்கிலிருந்து கிழக்காக நாளொன்றுக்கு 1° வீதம் நகருவதாகத் தோன்றுகிறான். இது பூமி சூரியனைச் சுற்றிவரும் விளைவேயாகும். ஆனால் நிலைத்த விண்மீன் பின்னணியில் சந்திரன் பூமியைச் சுற்றி நாளொன்றுக்கு 13°·2 மேற்கிலிருந்து கிழக்காக நகருகிறான். (அ-து) சூரியனைப் போல் சுமார் 13 மடங்கு வேகத்தில் நகருகிறான். ஆகவே, சந்திரன் சூரியனிடமிருந்து நாளொன்றுக்கு 12°·2 அல்லது மணிக்கு 30′ விலகி முன் செல்கிறான். சந்திரனின் சராசரி கோண விட்டம் 30′ ஆக இருப்பதால் சந்திரன் தன் பாதையில் மணிக்குக் கடக்கும் வில்லின் நீளம் அதன் கோண விட்டத்திற்குச் சமம் எனக் கூறலாம்.

சந்திரனது நெட்டாங்கும், சூரியனது நெட்டாங்கும் ஒன்றாக இருக்கும்போது, சந்திரன் ஒரு திசைநிலை அல்லது இணைவு நிலையில் இருப்பதாகக் கூறப்படும். அப்பொழுது அமாவாசையாகும். இந்நிலையில் இருந்து புறப்பட்டுச் சந்திரன் சூரியனிலிருந்து மேலும் மேலும் விலகிச் செல்கிறது. இக்காலத்தில் சந்திரனின் பிறையும் வளர்ந்து வருகிறது. சந்திரனின் நெட்டாங்கு சூரியனின் நெட்டாங்கைவிட 180° அதிகமாக இருக்கும்போது அது எதிர்திசை நிலையில் (in opposition) இருப்பதாகக் கூறப்படும். அப்பொழுது அது முழுமதியாகக் காட்சியளிக்கும். பௌர்ணமிக்கும் பின்பு நாளுக்கு நாள் சந்திரன் குறைந்து வருவதைப் பார்க்கிறோம். பிறகு மீண்டும் அமாவாசை வரும்.

ஓர் அமாவாசைக்கும் அடுத்த அமாவாசைக்கும் அல்லது ஒரு பௌர்ணமிக்கும் அடுத்த பௌர்ணமிக்கும் இடைப்பட்ட காலம் ஒரு ஞாயிற்றுவழி மாதம் (Synodic month) அல்லது ஒரு திங்கள் (Lunation) எனப்படும். இது சூரியனை யொட்டி சந்திரன் பூமியைச் சுற்றி வரும் காலமாகும்.

ஒரு திங்களின் சராசரிக் காலம் 29 நாள்கள் 12 ம 44 நி 2·8 வி ஆகும். சாதாரணமாக இதை 29·5 நாள்கள் எனக்கொள்வோம்.

ஓர் இணைவு நிலையிலிருந்து சூரியனும், சந்திரனும் புறப்பட்டு. அவைகளுக்கு இடைப்பட்ட தூரம் நாளுக்கு நாள் 12°·2 மிகுதியாகி, அவற்றின் விண் நெட்டாங்கு வேறுபாடு 180° ஆக $\frac{180}{12 \cdot 2} = 14 \cdot 75$ நாள்கள் ஆகும். அப்போது சூரியனும், சந்திரனும் நேரெதிர் நிலையில் உள்ளன (in opposition). பிறகு இந்நிலையில் இருந்து மீண்டும் ஒருதிசை நிலைக்கு வர மேலும் 14·75 நாள்கள் ஆகின்றன. ஆகவே ஒரு சூரியவழி மாதம் (Synodic month) அல்லது ஒரு திங்கள் (Lunation) என்பது 29·5 நாள்களாகும்.

குறிப்பு : நாம் முந்தைய அத்தியாயத்தில் கூறியதை நினைவு கொள்வோம்.

சந்திரனின் வயது : அமாவாசைக்குப் பின்பு x நாள்கள் கழித்து, சந்திரனின் வயது x நாள்கள் எனப்படும். அன்று சூரியனுக்கும், சந்திரனுக்கும் இடைப்பட்ட தூரம் $= x \times 12° \cdot 2$ ஆகும்.

எனவே, அன்று கதிரவனின் விண் நெட்டாங்கு ⊙ ஆனால், சந்திரனின் நெட்டாங்கு $\odot + x \times 12° \cdot 2$ ஆகும்.

3. விண்மீன் மாதம், ஒரு திங்கள், ஆண்டு (Siderial month, Lunation, Year) ஆகியவற்றிற்குள்ள தொடர்பு

ஒரு திங்கள் அல்லது ஞாயிற்றுவழி மாதத்தில் (Lunation or Synodic Period) உள்ள நாள்கள் L எனவும், ஒரு விண்மீன் மாதத்தில் உள்ள நாள்கள் S எனவும், ஓர் ஆண்டில் உள்ள நாள்கள் Y எனவும் கொள்வோம்.

நிலைத்த விண்மீன்கள் பின்னணியில் சூரியன் பூமியைச் சுற்றி ஒரு நாளில் $\frac{360°}{Y}$ சுற்றுகிறது. (இது தோற்றம் : உண்மையில்

பூமி சூரியனைச் சுற்றுகிறது). சந்திரன் அதே திசையில் பூமியைச் சுற்றி $\frac{360^\circ}{S}$ நகருகிறான். ஆகவே சந்திரன் ஒரு நாளில் சூரியனை விட முந்திச்செல்வது $\frac{360^\circ}{S} - \frac{360^\circ}{Y}$.

ஆனால் L நாள்களில் சந்திரன் சூரியனை 360° முந்துகிறான்.

$\therefore$ 1 நாளில் சந்திரன் சூரியனைவிட முந்திச்செல்வது

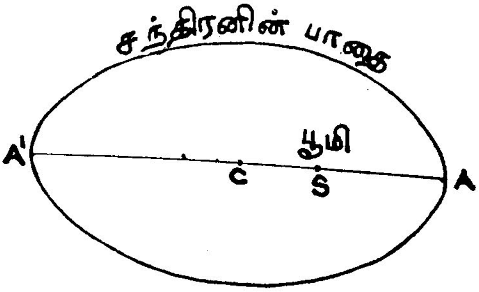
$$= \frac{360^\circ}{L}$$

$$\therefore \frac{360^\circ}{S} - \frac{360^\circ}{Y} = \frac{360^\circ}{L}$$

$$\therefore \frac{1}{S} = \frac{1}{Y} + \frac{1}{L}$$

$L = 29{\cdot}5$ நாள்கள், $Y = 365{\cdot}25$ நாள்கள் எனக்கொண்டால், $S = 27$ நாள்கள் 7 ம 43 நி 11·5 வினாடிகள் எனக் கணக்கிட்டுக் காணலாம்.

சந்திரனின் கோண விட்டங்களின் மாற்றங்களிலிருந்து அது ஒரு நீள்வட்டப் பாதையில் பூமியைச் சுற்றி வருகிறது எனக் கூறினோம். அந்நீள்வட்டப் பாதையின் குவிமையப் பிறழ்வை (eccentricity) காண்போம்.



படம் 26-1

4. சந்திரனது மீப்பெரு, மீச்சிறு கோண விட்டங்கள் முறையே 33'ம் 29½'ம் எனக் கொண்டு சந்திரனின் நீள்வட்டப் பாதையின் குவிமையப் பிறழ்வைக் கணிக்கலாம்.

சந்திரனின் பாதையின் குவிமையமாகிய Sல் பூமி இருக்கிறது. சந்திரனின் கோண விட்டமானது, பூமியிலிருந்து அதன் தூரத்திற்கு எதிர் விகித சமத்திலிருக்கிறது; ஏனெனில், தூரம் அதிகமாவதற்கு ஏற்ப, சந்திரன் குறைந்த அளவில் தோற்றும். அதன் கோண விட்டமும் குறையும்.

ஆகவே பூமியிலிருந்து மீச்சிறு தூரத்தில், சந்திரனின் கோண விட்டம் மீப்பெரு மதிப்பை அடையும்.

$$\therefore \quad \frac{33'}{29\frac{1}{2}'} = \frac{\frac{1}{SA}}{\frac{1}{SA'}} = \frac{SA'}{SA}$$

$$\therefore \quad \frac{SC + CA'}{CA - CS} = \frac{33'}{29\frac{1}{2}'}$$

$$\frac{ae + a}{a - ae} = \frac{33'}{29\frac{1}{2}'}$$

$$\therefore \quad \frac{1+e}{1-e} = \frac{33'}{29\frac{1}{2}'}$$

$$\therefore \quad 29\tfrac{1}{2}(1+e) = 33(1-e)$$

$$\therefore \quad 62\tfrac{1}{2}e = 3\tfrac{1}{2}$$

$$\therefore \quad e = \frac{7}{125} \approx \frac{1}{18} \text{ தோராயமாக}$$

இது தோராய மதிப்பு.

5. சந்திரனின் பிறையளவுகள் (Phases of the moon)

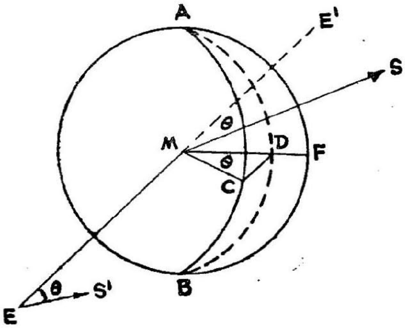
சந்திரனுக்கு சுயமான ஒளியில்லை. சூரியனின் ஒளி அதன் மேல் படுவதால் அது ஒளி பெறுகிறது.

ஒளி பெற்று நமக்குக் காட்சியளிக்கும் சந்திரன் பரப்பிற்கும் சந்திரனின் முழுவட்டப் பரப்பிற்கும் உள்ள விகிதம் சந்திரனின் பிறையளவு எனப்படும்.

இப்பிறையளவைக் கணிக்கும் முறையைப் பார்ப்போம். படத்தில், M என்பது சந்திரனின் மையத்தைக் குறிக்கட்டும். S, E என்பன முறையே சூரியன், பூமி ஆகியவற்றின் மையங்களாகுக.

சந்திரனில் ACB என்ற தளம் SMக்குச் செங்குத்தாக உள்ளது. AFB என்ற தளம் EMக்குச் செங்குத்தாக உள்ளது.

சந்திரனில் ஒளி பெறும் பகுதி S பக்கமுள்ள ACB என்ற அரைக் கோளம். பூமிக்குச் சந்திரன் காட்டும் பகுதி E பக்க முள்ள AFB என்ற அரைக் கோளம்.



படம் 26-2

எனவே பூமி காணும் சந்திரனின் ஒளிப்பகுதி ACB-க்கும் AFB-க்கும் பொதுவான இரு வில் வளைவுகளுக்குட்பட்ட $ACBFA$ என்ற கோளப்பிறை (Lune) ஆகும். இது ஓர் ஆரஞ்சுப் பழச்சுளை வடிவில் இருக்கும்.

AFB என்ற தளத்தில் ACB என்ற வட்டத்தின் குத்து வீச்சம் (Orthogonal projection) ADB எனக் கொண்டால், பூமியில் இருந்து பார்ப்பவர்க்கு ஒளி பெற்ற $ACBFA$ என்ற கோளப் பிறை பாகம், $ADBFA$ என்ற பரப்பு பாகமாகக் காட்சி யளிக்கும்.

ACB, AFB என்ற தளங்களுக்கு இடைப்பட்ட கோணம் θ எனக் கொள்வோம். EM-ஐ E'-க்கு நீட்டினால், MS, ME' ஆகியவை முறையே ACB, AFB என்ற தளத்திற்குச் செங்குத்துக் கோடுகளாதலால், $\angle SME' = \theta$ ஆகும்.

மேலும் ES'-ஐ MS-க்கு இணையாக வரைந்தால்,

$$\angle S'EM = \angle SME' = \theta \text{ ஆகும்.}$$

இனி, ACB என்ற அரை வட்டம் AFB என்ற தளத்தின் மீது வீச்சமடையும்போது ADB என்ற அரை நீள்வட்டம் பெறப்படுகிறது.

சந்திரனது அரைவிட்டம் r எனில்,

ACB-ன் பரப்பு $= \frac{1}{2} \pi r^2$

$\therefore$ அரை நீள்வட்டம் ADB-ன் பரப்பு

$$= \frac{1}{2} \pi r^2 \cos \theta$$

காட்சியளிக்கும் ஒளிப்பரப்பு $= AFBDA$

= அரைவட்டம் AFB-ன் பரப்பு — அரை நீள்வட்டம் ADB-ன் பரப்பு

$$= \frac{1}{2} \pi r^2 - \frac{1}{2} \pi r^2 \cos \theta$$

$$= \frac{1}{2} \pi r^2 (1 - \cos \theta)$$

பிறையளவு

$$= \frac{\frac{1}{2} \pi r^2 (1 - \cos \theta)}{\pi r^2} = \frac{1}{2} (1 - \cos \theta)$$

$$= \frac{1}{2} (1 - \cos SME')$$

$$= \frac{1}{2} (1 - \cos S'EM) \quad [\because ES' \parallel MS]$$

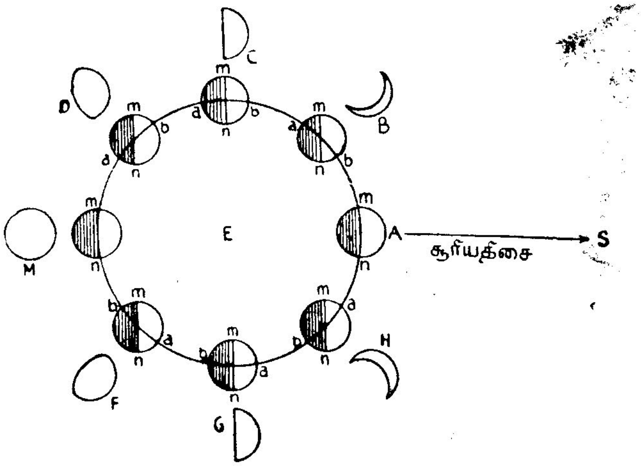
$= \frac{1}{2}$ [1 — cos (சூரியனிலிருந்து சந்திரனின் திசை விலக்கம் — (Elongation of Moon from Sun)]

நாளொன்றுக்குச் சந்திரன் சூரியனிலிருந்து $12^\circ{\cdot}2$ அளவு மிகுந்து செல்வதால், அமாவாசைக்குப் பிறகு x நாள்கள் கழித்துப் பிறையளவு $= \frac{1}{2} [1 - \cos 12{\cdot}2x^\circ]$ ஆகும்.

குறிப்பு : (i) படத்திலிருந்து ஒளி பெற்ற பாகம் $ADBFA$ என்பது சூரியன் பக்கமே திரும்பியிருக்கிறது என்பதைக் கவனிக்கவும்.

(ii) *ACB, AFB* என்ற தளங்களுக்குப் பொதுவான *AB* என்ற விட்டம் *EMS* என்ற தளத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கும். *A, B* என்பவை பிறைச் சந்திரனின் கொம்புகள் (horn of the moon) எனப்படும். ஆகவே கொம்புகளை இணைக்கும் சந்திர விட்டம் எப்போதும் *EMS* என்ற தளத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கும். (அ-து) *AB* என்பது கதிரவன் பாதைக்குச் செங்குத்தாக இருக்கும்.

வளர்பிறை—தேய்பிறை : படத்தில் சந்திரனின் நிலையை A_1, B_2 .... எனக் குறித்துள்ளோம், சந்திரன் A_1 என்ற நிலையில் உள்ளபோது, E, A_1, S முறையே பூமி, சந்திரன், சூரியன் எனக் கொள்க. அப்போது பூமிக்கு ஒரே பக்கத்தில் சந்திரனும், சூரியனும் உள்ளன. சூரியன் பக்கமுள்ள சந்திரனின்



படம் 26-3

அரைக் கோளம்தான் ஒளிபெறும். பூமியின் பக்கமிருக்கும் பாகம் ஒளி பெறாது. ஆகவே சந்திரன் பூமிக்குத் தெரியாது. இது அமாவாசை நாளாகும். சூரியனை நிலைக்க வைத்து, சந்திரன் தினசரி சார்வேகமான 12° 2′ வீதம் பூமியைச் சுற்றிவரட்டும். சந்திரன் பாதையில் அதன் நீட்சிக்கு (Elongation from the Sun) ஏற்பப் பிறையளவுகள் மாறுவதைக் கவனிக்கவும். சந்திரன்

A யிலிருந்து *M* வளர்பிறையும், (அமாவாசை முதல் பௌர்ணமி வரை) *M*-லிருந்து மறுபடியும் *A* வரை தேய்பிறையும் (பௌர்ணமி முதல் அமாவாசை வரை) இருப்பதைக் கவனிக்கவும்.

சந்திரன் இருக்கும் இடம்	$\theta = \angle S'EM$ = சூரியனிலிருந்து சந்திரனின் விலக்கம் அல்லது நீட்சி (Elongation) (= சூரியன் நெட்டாங்கிற்கும் சந்திரன் நெட்டாங்கிற்கும் உள்ள வேறுபாடு)	பிறையளவு $= \frac{1-\cos\theta}{2}$
A	$0°$	0 அமாவாசை
B	$0° < \theta < \frac{\pi}{2}$	அளவு $< \frac{1}{2}$
C	$\frac{\pi}{2}$	அளவு $= \frac{1}{2}$ அரை வட்டச் சந்திரன்
D	$\frac{\pi}{2} < \theta < \pi$	அளவு $> \frac{1}{2}$ குமிழ்ச் சந்திரன் (Gibbous Moon)
M	π	அளவு 1, முழுமதியம் பௌர்ணமி (Full Moon)
F	$\pi < \theta < \frac{3\pi}{2}$	அளவு $> \frac{1}{2}$, குமிழ் சந்திரன்
G	$\frac{3\pi}{2}$	அளவு $\frac{1}{2}$, அரை வட்டச் சந்திரன்
H	$\frac{3\pi}{2} < \theta < 2\pi$	அளவு $< \frac{1}{2}$
A	2π	0-அமாவாசை

6. பூமி ஒளி

நாம் சந்திர ஒளியைப் பார்ப்பது போலச் சந்திரனிலிருப்பவர் பூமியின் ஒளியைப் (Earth shine) பார்க்கலாம்.

சந்திரனிலிருந்து பூமியைப் பார்த்தால், பூமியின் பிறையளவு மதிப்பு

$$= \frac{1}{2}(1 - \cos SME)$$
$$= \frac{1}{2}(1 + \cos MES')$$
$$= \frac{1}{2}(1 + \cos \theta) \text{ (ஏறக்குறைய)}$$

அதற்குரிய, அதாவது அச்சமயத்தில் சந்திரப்பிறையளவு

$$= \frac{1}{2}(1 - \cos \theta)$$

எனவே, θன் எல்லா மதிப்புகளுக்கும், சந்திரப்பிறையளவு + பூமியின் பிறையளவு = 1

ஆகவே, நமக்கு அமாவாசையாக இருக்கும்போது சந்திரனில் இருப்பவர்க்கு 'முழு உலகம்' தென்படும். இதன் வெளிச்சம் நாம் பௌர்ணமியன்று பெறும் வெளிச்சத்தைப் போல் சுமார் 50 மடங்கு அதிகமாக இருக்கும்.

இப்பொழுது சந்திரன் தன்னைத்தானே ஒரு முறை சுற்றி வரும் காலம் ஒரு திங்கள் ஆகும். நமக்கு இரவும் பகலும் மாறி வருவது போல், சந்திரனிலும் இரவும் பகலும் மாறிமாறி வரும். ஆனால் சந்திரனில் பகல்காலம் ஏறக்குறைய நமது 14 நாள்களும் இரவுப்பொழுது நமது 14 நாள்களும் ஆகும்.

சந்திரன் எப்போதும் தனது ஒரு பாதி பகுதியையே நமக்குக் காட்சியளித்துக் கொண்டு பூமியைச் சுற்றிக் கொண்டும் தன்னைத்தானேயும் சுற்றிக்கொள்கிறது. இதற்குக் காரணம் சந்திரன் பூமியை ஒருமுறை சுற்றிவர எடுத்துக் கொள்ளும் காலமும் அது தன்னைத் தானே சுற்றிக் கொள்ளும் காலமும் ஒரு திங்களே ஆகும். ஆகவேதான் சந்திரனின் ஒரு பாதிப் பகுதியே உலகின் காட்சிக்குக் கிடைக்கிறது.

இதுவரை நாம் அறிய முடியாத சந்திரனின் மறுபாதிப் பகுதியை ரஷ்யாவின் விண்வெளி ஊர்திகள் லூனா III (Luna III) சாண்ட் III (Zond III) என்பன நமக்குப் படங்கள் மூலமாக வெளிப்படுத்தியிருக்கின்றன.

சந்திரன் தன் ஒரு பாதி கோளப் பகுதியையே பூமிக்குக் காட்சிக்குக் கொடுப்பதால், சந்திரனின் இந்தப் பாதிப் பகுதிக்கே பூமி தென்படும். சந்திரனில் உள்ள மற்றப் பாதிப்பகுதிக்கு பூமி தென்படாது.

சந்திரன் மேற்கிலிருந்து கிழக்காக $27\frac{1}{3}$ நாட்களில் தன்னைத் தானே சுற்றிக் கொள்வதால், பூமி சந்திரனது வானில் மணிக்கு $\frac{360^\circ}{27\frac{1}{3}}$ கோண அளவு கிழக்கிலிருந்து மேற்காக நகரும். ஆனால் சந்திரன் தனது பாதையில் $27\frac{1}{3}$ நாள்களில் பூமியைச் சுற்றி வருவதால், பூமி சந்திரனது வானில் மணிக்கு $\frac{360^\circ}{27\frac{1}{3}}$ கோண அளவு மேற்கிலிருந்து கிழக்காக நகரும். இந்த இரு இயக்கங் களையும் ஒருங்காகக் கருதினால், சந்திரனில் உள்ள பார்வை யாளனுக்குச் சந்திர வானத்தில் பூமி நிலைத்த ஒரு நிலையிலேயே காணப்படும். சந்திரனில் இருப்பவர்க்கு பூமியின் நிலையில் மிகச் சிறு மாற்றங்களே தெரியும்.

7. மெட்டன் காலவட்டம் (Metonic cycle)

ஒரு பருவ ஆண்டு = 365·2422 நாட்கள். ஒரு திங்கள் 29·53 நாள்கள். ஆகவே 19 ஆண்டுகளில் 6939·53 நான்கள் உள்ளன. 235 திங்களிலும் 6939·69 நாட்கள் உள்ளன. ஆகவே 19 ஆண்டு களும், 235 திங்களும் சமமாகும் (வேறுபாடு 2 மணிகள்தான்).

இனி, சந்திரனின் பிறையளவுகள் சூரியன், சந்திரன், பூமி ஆகிய மூன்றின் இடங்களைப் பொறுத்திருக்கின்றன. எனவே 19 ஆண்டுகள் இடைவெளிக்குப் பின் சந்திரனின் பிறையளவுகள் மறுபடியும் இப்பொழுது இருக்கும் முறையிலேயே ஆண்டின் அதே தேதிகளில் (2 மணியளவு வேறுபாட்டில்) நிகழும்.

இது முதலில் மெட்டன் என்பவரால் கி.மு. 433ஆம் ஆண்டில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. ஆகவே இந்தக் காலவட்டம் அவர் பெயரால் மெட்டன் காலவட்டம் எனப்படும்.

மத சம்பந்தமான திருவிழா நாள்கள் பல, சந்திரனின் பிறை யளவை யொட்டி நிச்சயிக்கப்படுவதால், இக் காலவட்டம் மிகவும் முக்கியத்துவம் வாய்ந்தது. எடுத்துக்காட்டாக, கிருஸ்த வர்களால், ஈஸ்டர் பண்டிகை, மார்ச்சு மாதம் 21ஆம் தேதி யன்றோ அல்லது அதற்கு அடுத்தோ வரும் பௌர்ணமிக்கு அடுத்த ஞாயிற்றுக் கிழமையன்று கொண்டாடப்படும். இதே போல், மற்றப் பண்டிகைகளும் பௌர்ணமி தினங்களை ஆதாரப் பட்டு நிச்சயிக்கப்படுவதால், பண்டைக்காலத்தில் 19 ஆண்டுக் காலத்தில் வரும் பௌர்ணமி தினங்கள் பொன்னெழுத்துகளால் பொது நினைவுச் சின்னங்களின் மேல் பொறிக்கப்பட்டிருந்தன.

இதற்குப் பின் கி.பி 1ஆம் ஆண்டில் துவங்கி 19 ஆண்டுக் கால வட்டத்திற்குரிய பௌர்ணமி தினங்கள் பதிவு செய்யப்பட்டன. இந்தக் கால வட்டமே இன்றும் வழக்கில் உள்ளது. எடுத்துக் காட்டாக கி.பி. x ஆவது ஆண்டுக்கு நாம் பௌர்ணமி தினங்கள் காணவேண்டுமெனக் கொள்வோம். $(x + 1)$ஐ 19ஆல் வகுத்து வரும் மீதி r என இருக்கட்டும். x ஆவது ஆண்டுக்குரிய பௌர்ணமித் தினங்கள், r ஆவது ஆண்டுக்காகக் கால வட்டத்தில் பொறித்து வைக்கப்பட்டுள்ள பௌர்ணமி தினங்களே யாகும். இதனால் 'r' என்பது அந்த ஆண்டிற்குரிய 'பொன் எண்' (golden number) ஆகும்.

8. சந்திர வளிமண்டலம் (Lunar atmosphere)

நமக்கும், ஒரு விண்மீனுக்கும் இடையே சந்திரன் வரும் போது விண்மீன் நம் பார்வையிலிருந்து மறைக்கப்படுகிறது (occultation of a star). சந்திரனைச் சுற்றி ஒரு காற்று மண்டலம் இருக்குமானால், விண்மீன் அதற்குள் நுழையும்போதும், அதை விட்டு வெளி வரும்போதும், அதன் ஒளி சற்று மங்கலாகத் தெரிய வேண்டும். ஆனால் இவ்விதம் நடப்பதில்லை. மேலும் சந்திரனின் வளி மண்டலம் (Lunar atmosphere) வழியாக அவ் விண்மீன் ஒளி கோட்டமடைந்து அதன் திசை சற்று மாறவேண்டும். ஆனால் இவ்விதம் திசைமாற்றமும் ஏற்படுவதில்லை. எனவே சந்திரனைச் சுற்றி ஒரு வளி மண்டலம் இல்லை எனத்தெரிகிறது. இதற்குக் காரணம் சந்திர மண்டல ஈர்ப்பு சக்தி பூமியின் ஈர்ப்பு சக்தியில் ஆறிலொரு பங்காகக் குறைந்திருப்பதேயாகும். காற்று மண்டலத்தை ஈர்த்துப் பிடிக்கும் சக்தி சந்திரனுக்கு இல்லை.

சந்திரனில் வெப்பநிலை : ஒரு குறிப்பிட்ட சமயத்தில் சூரியனுக்கு நேர்க் கீழே உள்ள புள்ளியில் (sub solar point) வெப்பநிலை ஏறக்குறைய 101°C அல்லது 214°F இருக்கும். கொதிக்கும் தண்ணீரின் வெப்ப நிலையைவிட இது 1°C அதிகம். ஆனால், அப்பாற்பட்ட இடங்களில் வெப்பநிலை வேகமாகக் குறைந்து காணப்படுகிறது. நமது 14 நாள்கள் கொண்ட சந்திர மண்டல இரவுப் பொழுதில் குளிர் மிகுதியாக இருக்கும். ஒரு சந்திரக் கிரகணம் ஏற்படும்போது சூரியன் வெப்பக் கதிர்கள் சந்திரன் மேல் விழாது தடுக்கப்படும் நிலையில், அங்குள்ள வெப்ப நிலை ஆராயப்பட்டது. கிரகண ஆரம்பத்தில் வெப்ப நிலை, ஞாயிற்று நேர்க் கீழ்ப் புள்ளியில் (sub solar point) 99°C ஆக இருந்தது. சந்திரன் முழுவதும் மறையும்போது—73°C அளவிற்குக் குறைந்துவிடுகிறதெனில் சந்திரன் பரப்பின்மேல்

தட்ப வெப்பநிலை குறுகிய காலத்திலேயே மிகப் பெரிய மாறுதல்கள் அடைகிறதெனத் தெரியவருகிறது. இவ்வளவு பெரிய மாறுதல்கள் தென்படுவதால், சந்திரனின் மேற்பரப்பில் ஒருவித எரிமலைச் சாம்பல் படிந்திருக்கிறதோ என ஊகிக்க வேண்டியிருக்கிறது.

நமது பூமியில் வளிமண்டலப் போர்வையின் காரணமாகவும், மிகப் பரந்த நீர்நிலைகள் காரணமாகவும், தட்ப வெப்பநிலை சாதகமாக இருக்கிறது.

சந்திரனின் மேற்பரப்பில் பல குன்றுகளும், பெரிய பள்ளத் தாக்குகளும் காணப்படுகின்றன. ஏரி அல்லது கடல் போன்ற பள்ளங்களில் நீரில்லை. உண்மையில் அவற்றை ஏரி என்றோ கடலென்றோ கூறுவது பொருந்தாது. சந்திரனின் பரப்பின் மீதுள்ள மிகப் பெரிய 'புயற்கடல்' (Ocean of Storms) ஏறக் குறைய 20 இலட்சம் சதுர மைல் பரப்புடையது. சந்திரன் மீதுள்ள குன்றுகளின் உயரங்களை மிகச் சரியாகக் கணக்கிட லாம். சந்திர மண்டலப் பரப்பில் கடுமையான வேகத்தில் விண் கற்கள் (meteorites) விழுந்ததன் பயனாக அதில் மிகப் பெரிய பள்ளத்தாக்குகள் ஏற்பட்டிருக்க வேண்டுமென யூகிக்கவேண்டி யிருக்கிறது.

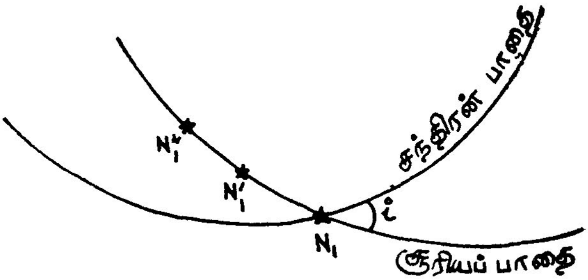
9. சந்திரக் கணுக்களின் சுழற்சி (Revolution of the Moon's Nodes)

சந்திரன் பாதையும், சூரியனின் பாதையும் வெட்டுமிடங்கள் இரண்டு கணுக்கள் (Nodes) எனப்படும். இவ் விரு கணுக்களும் நிலைத்த இடத்திலிருப்பதில்லை; அவை ஆண்டுதோறும் 19° 21′ வலஞ்சுழியாகச் (clockwise) சூரியனின் பாதைமேல் நகர்ந்து கொண்டே இருக்கின்றன. இச்சுழற்சிக் காலவட்டம் 6793·4 நாள்கள் அல்லது ஏறக்குறைய 18·6 ஆண்டுகளாகும்.

அதாவது இப்போது ஒரு கணு N_1 என்ற இடத்தில் இருந்தால், அடுத்த ஆண்டு, சூரியன் பாதைமேல் அது 19° 21′ நகர்ந்து N_1' என்ற நிலையை அடையும். இதற்கு அடுத்த ஆண்டு, N_1'' என்ற நிலைக்கு வரும். சூரியன் பாதையில் N_1 ல் உள்ள கணு இவ்விதம் வலஞ்சுழியாக நகர்ந்து மீண்டும் N_1 க்கு வரும் காலம்

$$\frac{360^\circ}{19^\circ{\cdot}35} = 18{\cdot}6$$ ஆண்டுகள் ஆகும்.

இவ்வாறே Nக்கு இணையான N_2 என்ற கணுவும் நகர்ந்து கொண்டே செல்லும். ஆகவே கணுக்களை இணைக்கும் கோடு சூரியப்பாதையின் மேல் வலஞ்சுழியாக நகர்ந்து நட்சத்திரங்கள் பின்னணியில் 18·6 ஆண்டுக்கால இடைவெளியில் புறப்பட்ட இடத்திற்கே வந்து சேரும்.



படம் 26-4

கதிரவன்வழிக் கணுக் காலவட்டம் (Synodic period of the nodes)

ஓராண்டில் சூரியன் தன் பாதையில் இடஞ்சுழியாக 360° செல்கிறான். சந்திரனின் கணுக்களை இணைக்கும் கோடு ஆண்டு தோறும் 19° 21′ வீதம் வலஞ்சுழியாக நகர்ந்து செல்லுகின்றது. ஆகவே ஒரு காலத்தில் அக்கோடு சூரியனிடமிருந்து 360° + 19° 21′ = 379° 21′ விலகிச் செல்கிறது. ஆகவே 360° விலகுவதற்குக் காலம் $= \frac{360 \times 365 \cdot 25}{379^\circ \; 21'} = 346 \cdot 62$ நாள்கள்.

10. சந்திரனின் நடுவரை விலக்கத்தில் மாற்றம்

சந்திரன் சூரியப்பாதையில் இயங்கினால் அதன் நடுவரை விலக்கம் 23° 27′ வடக்கிலிருந்து 23° 27′ தெற்கு வரை ஒரு சந்திர மாதத்தில் (lunar month) மாறும். ஆனால் அதன் பாதை சூரியப் பாதைக்கு 5° 9′ சாய்ந்திருக்கிறது. சந்திரனின் பாதையின் கணுக் களின் பின்னோக்கிய இயக்கத்தின் காரணமாக, ஏறு கணு மேட முதற்புள்ளி (இளவேனிற்காலப் புள்ளி) γ உடன் பொருந்தும் போது, சந்திரனின் பாதைக்கும் வான நடுவரைக்கும் உள்ள சாய்வு மீப்பெரு மதிப்பாகிய 23° 27′ + 5° 9′ அல்லது 28°36′ கோண அளவைப் பெறுகிறது. ஆகவே சந்திரனின் நடுவரை விலக்கம் 28° 36′ வடக்கிலிருந்து 28° 36′ தெற்குவரை மாறுகிறது.

சுமார் $9\frac{1}{2}$ ஆண்டுகள் கழித்து, சந்திரனின் பாதையின் ஏறு கணு துலா முதற்புள்ளி (இலையுதிர் காலச் சம இரவுப் புள்ளி)—உடன் பொருந்தும்போது சந்திரனின் பாதையின் சாய்வு 23° 27′—5° 9′ அல்லது 18°18′ ஆகி அதன் மிகக் குறைவு மதிப்பைப் பெறுகிறது. அப்போது சந்திரனின் நடுவரை விலக்கம் 18° 18′ வடக்கிலிருந்து 18°18′ தெற்கு வரை மாறுகிறது.

11. அறுவடை முழுமதி (Harvest Moon)

சந்திரன், விண்மீன்கள் பின்னணியில் மேற்கிலிருந்து கிழக்காக நகருகிறது. இதன் காரணமாகச் சந்திரன் உச்சி கடக்கும் காலத்தில் தாமதம் ஏற்படுகிறது. ஆகவே சந்திரோதயத்திலும், சந்திர அஸ்தமனத்திலும் தாமதம் ஏற்படுகிறது.

சூரியனும் விண்மீன்கள் பின்னணியில் மேற்கிலிருந்து கிழக்காக நகருகிறான். ஆனால் சந்திரனின் கிழக்கியக்கம் சூரியன் இயக்கத்தைவிட அதி துரிதமாக இருக்கிறது. இதன் விளைவாக, தினசரி இயக்கத்தில் சந்திரன் சூரியனுக்குப் பின்னடைந்துவிடுகிறது. ஆகையால் அது உச்சி கடக்கும் நேரம் நாளுக்கு நாள் தாமதமாகிறது. சந்திரன் சூரியனை யொட்டி, பூமியை மேற்கிலிருந்து கிழக்காக $29\frac{1}{2}$ சராசரிக் கதிரவன் நாள்களில் சுற்றுகிறது. சந்திரன் காட்சியாளன் உச்சி வரையை அடுத்தடுத்துக் கடக்கும் கால இடைவெளியை ஒரு சந்திர நாள் (Lunar day) எனக் கொண்டால், சந்திரன் உச்சி கடக்கும் நேர தாமதத்தினால் ஒரு சூரிய மாதமாகிய 29·5306 சராசரிக் கதிரவன் நாள்களில் அது ஒரு நாள் இழக்கிறது.

ஆகவே 28·5306 சராசரி சந்திர நாள்கள்

$$= 29{\cdot}5306 \text{ சராசரிக் கதிரவன் நாள்கள்}$$

∴ 1 சந்திர நாள்

$$= \frac{29{\cdot}5306}{28{\cdot}5306} \text{ சராசரிக் கதிரவன் நாள்}$$

$$= 24 \text{ ம } 50{\cdot}57 \text{ நி சராசரிக் கதிவரன் நேரம்}$$

எனவே, சந்திரனின் உச்சி கடக்கும் நேரத்தில் 50·5 நி தாமதம் காணப்படுகிறது.

இதையே வேறு வகையாலும் காணலாம். சந்திரன் சூரியனை யொட்டி பூமியை மேற்கிலிருந்து கிழக்காக $29\frac{1}{2}$ நாள்களில் சுற்றுகிறது. (அ-து) $29\frac{1}{2}$ நாள்களில் 360° சுற்றுகிறது. (அ-து) தினமும்

சுமார் $12\frac{1}{2}°$ சூரியனை யொட்டி நகருகிறது. ஆகவே தினசரி இயக்கத்தில் இந்த $12\frac{1}{2}°$ஐ கிழக்கிலிருந்து மேற்காகச் சுற்றும் நேரம் அது தாமதமாக உதிக்கிறது. தினசரி இயக்கத்தில் 15° சுற்ற 1 மணி ஆவதால், $12\frac{1}{2}°$ சுற்ற 50 நிமிடங்கள் ஆகின்றன. ஆகவே சந்திரன் உதயமாகும் நேரம் நாளுக்கு நாள் சராசரி 50 நிமிடங்கள் தாமதமடைகிறது.

ஆனால் இந்தத் தாமதம் 1 மணி 16 நிமிடத்திலிருந்து 17 நிமிடங்கள் வரை மாறலாம். ஏனெனில் சந்திரோதயத்தில் ஏற்படும் தாமதம் சந்திரனது நடுவரை விலக்கத்தின்மீதும் ஆதாரப்பட்டிருக்கிறது. சந்திரனது நடுவரை விலக்கம் நிலையாக இருப்பின், சந்திரோதயத்தில் ஏற்படும் தாமதம் அது உச்சி கடக்கும்போது ஏற்படும் தாமதத்திற்கே சமமாக இருக்கும். ஆனால் சந்திரனின் நடுவரை விலக்கத்தில் ஏற்படும் மாற்றம் நாம் ஏற்கெனவே குறிப்பிட்டபடி மிகத் துரிதமாக நிகழ்வதால், சந்திரோதயத்தில் ஏற்படும் தாமதமும் மாறுபடுகிறது.

ஆனால், செப்டம்பர் 23ஆம் தேதிக்குச் சமீபத்தில் இலையுதிர் காலச் சம இரவுப் புள்ளியைக் (Autumnal equinox) கதிரவன் கடக்கும்போது முழு மதியம் ஏற்படின் இக்காலதாமதம் மீச்சிறு மதிப்பையேற்கிறது. இது ஐப்பசி மாதம் பௌர்ணமியாகும். வட அகலாங்கில் உள்ள மேனாட்டினர் வாழும் பகுதிகளில் இது அறுவடை காலமாகும். கோடை நீங்கிப் பகற்காலம் குறைவாகும் காலம் அறுவடையை நீடித்துச் செய்ய வெளிச்சம் தேவை. இச்சமயம் ஞாயிறு மறையு முன்னர் முழுமதி தாமதமின்றி எழுந்து அறுவடைக்கு உதவும் வகையில் இருள் நீக்கி வெளிச்சம் தருகிறது.

சூரியன் மறைந்த உடனேயே சந்திரன் உதயமாகி அவர்கள் அறுவடை வேலைகளைத் தொடர்ந்து செய்யப் பயன்படுவதால், அவர்கள் அதற்கு நன்றியுள்ளம் படைத்தவராய் தனிப் பெயரிட்டுச் சிறப்பித்தனர். இந்த ஐப்பசி மாதப் பௌர்ணமிக்கு 'அறுவடை முழுமதி' (Harvest Moon) எனப் பெயரிட்டு அழைத்தனர்.

குறிப்பு : பூமியின் நடுவரைமீதுள்ள இடங்களில், 'அறுவடைச் சந்திரன்' ஏற்பட வாய்ப்பில்லை.

12. வேடுவர் நிறைமதி அல்லது கார்த்திகை நிறைமதி (Hunters' Moon)

அறுவடை நிறைமதிக்கு அடுத்த நிறைமதி, முந்தைய பௌர்ணமி போன்று இல்லாவிடினும். மற்றப் பௌர்ணமி நாட்களைவிட, இந்நாளிலும் சீக்கிரமாகவே எழுந்து நல்ல

நிலவை அளிக்கும். மேனாடுகளில் வேட்டைக்குச் செல்பவர்க்கு இந்தப் பௌர்ணமி பயன்பட்டதால், இதற்கு 'வேடுவர் சந்திரன்' எனப் பெயர் இட்டனர்.

13. மாரிக்காலத்து நிறைமதி கோடைக்காலத்து நிறைமதியை விட அதிகப் பிரகாசமாகத் தோன்றுகிறது

மாரிக்காலத்தில் சூரியன் வான நடுவரைக்குத் தெற்கேயுள்ளது. ஒவ்வொரு பௌர்ணமியிலும் சந்திரன் சூரியனுக்கு நேரெதிராக இருக்கும். இதனால் மாரிக்காலப் பௌர்ணமியில் சந்திரன் வான நடுவரைக்கு வடக்கே தன் தினசரிப் பாதையில் செல்கிறது. எனவே, அப்பொழுது, சந்திரன் வானத்தில் உயர்ந்து செல்கிறது. நடு மாரிக்காலப் பௌர்ணமியில் சந்திரன் இன்னும் உயர்ந்து செல்கிறபடியால், அப்போது சந்திரன் தொடுவானத்திற்கு மேல் அதிக நேரம் பிரகாசிக்கின்றது. மேலும் அதன் உச்சிகடக்கும் கோண ஏற்றம் மீப்பெருமதிப்பைப் பெறுகிறது. இக்காரணங்களால், மாரிக்காலப் பௌர்ணமிகள் மிகப் பிரகாசமாகக் காட்சியளிக்கின்றன.

இதற்கு நேர் மாறான நிலை கோடைக்காலப் பௌர்ணமிகளுக்குப் பொருந்தும்.

மேல் நாடுகளில் சந்திர ஒளி மங்கலாகக் காணப்படுகிறது. ஏனெனில் அதிக அகலாங்கு உள்ள பகுதிகளில், வான உச்சிக்கு வெகு தொலைவில் சந்திரன் உச்சி கடக்கிறது. சந்திரன் தினசரிப் பாதையும் தொடுவானத்திற்கு அருகில் அமைகிறது. உச்சி கடக்கும்போது சந்திரனின் வான ஏற்றமும் மிகக்குறைவு. இக்காரணங்களால் மேல் நாடுகளில் சந்திர ஒளி மங்கலாக இருக்கிறது.

ஆனால் பூமியின் வடவெப்ப மண்டலத்தில் 0° முதல் 23½° வரை வடக்கு அகலாங்கு உள்ள இடங்களில் வானக் கோள நடுவரை வான உச்சிக்கு அருகில் இருக்கிறது. எனவே, சந்திரன் தினசரிப் பாதையில் உச்சி கடக்கும்போது வான உச்சிக்கு அருகில் உச்சி கடக்கிறது. ஆதலால் இந்தியா போலக் குறைவான அகலாங்கில் அமைந்துள்ள நாடுகளில் சந்திர ஒளி மிகப் பொலிவாகவும், பிரகாசமாகவும் இருக்கிறது.

14. **சந்திரனின் நெட்டாங்கு அசைவு** (Libration in longitude)

(i) அதன் இயக்கப் பாதை தளத்திற்குச் செங்குத்தாக இல்லாமல் 6° 5′ சாய்ந்திருக்கிறது. மேலும் அதன் இயக்கம் சரியான வட்டத்திலில்லை; ஆனால் நீள்வட்டமாக அமைகிறது. பூமிக்கு அண்மை நிலையில் சந்திரனின் இயக்கக் கோண வேகம் (orbital velocity) தன்னைத்தானே சுற்றும் வேகத்தை விட அதிகப்பட்டு, சேய்மை நிலையில் இயக்க கோணவேகம் தன்னைத் தானே சுற்றும் வேகத்தை விடக் குறைந்துபோகிறது. ஆகவே பூமிக்கு அண்மை நிலையில் சந்திரனின் (மேற்கிலிருந்து கிழக்காக இயங்குவதால்) மேற்குப் பக்கம் சிறிது அதிகமாகத் தெரியும். ஆனால் அந்த அளவிற்கு அதன் கிழக்குப் பக்கத்தில் உள்ள சிறிய பகுதி தெரியாது. இவ்வாறே சேய்மை நிலையில் சந்திரனின் கிழக்குப் பக்கம் சற்று அதிகமாகவும், அந்த அளவிற்கு அதன் மேற்குப் பக்கம் சற்றுக் குறைந்தும் காணப்படும். ஆகவே, ஒரு குறிப்பிட்ட சமயத்தில் ஒரு பாதி சந்திரனே நமக்குத் தெரிந்தாலும், ஒரு விண்மீன் மாதகாலத்தில் மேற்குப் பக்கம் கொஞ்சம் அதிகமாகவும், கிழக்குப் பக்கம் கொஞ்சம் அதிகமாகவும் நமக்குக் காட்சிக்குத் தோன்றி மறைகிறது. இந்த அசைவே சந்திரனின் நெட்டாங்கு அசைவு (Libration in longitude) எனப்படும்.

(ii) **அகலாங்கு அசைவு** (Libration in latitude) : நாம் ஏற்கெனவே குறிப்பிட்டபடி, சந்திரன் தன்னைத்தானே சுற்றும் அச்சு தான் இயங்கும் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக இல்லாமல் 6° 5′ சாய்ந்திருப்பதால், ஒரு சமயத்தில் அவ்வச்சின் ஒரு முனை பூமியின் பக்கமாகச் சாய்ந்தும், மற்றோர் சமயம் மற்ற முனை சாய்ந்தும் இருக்கும். இச்சமயங்களில் அச்சின் ஒரு முனையைச் சுற்றி 6·5° கோண அரைவிட்டமுள்ள கோளப்பகுதி முதலிலும், மற்றோர் முனையைச் சுற்றி 6° 5′ கோண அரை விட்ட அளவுள்ள கோளப்பகுதி பின்னரும் மாறி மாறி பூமிக்குக் காட்சிக்குக் கிடைக்கிறது. இந்த அதிகப்படியான பரப்பு அச்சு சாய்வினால் ஏற்படுகிறது. இந்த அசைவு அகலாங்கு அசைவு எனப்படும்.

(iii) **தினசரி அசைவு** (Dicernal libration) : இதுவரை பார்வையாளன் பூமியின் மையத்திலிருப்பதாகக் கொண்டுள்ளோம். ஆனால் பூமியின் மேற்பரப்பில் உள்ள பார்வையாளன் உதயமாகும் சந்திரனின் மேற்குப் புறத்தில் 57′ அதிகமாகவும், கிழக்குப் புறத்தில் 57′ குறைவாகவும் காண்பான். அவ்வாறே மறையும் சந்திரனின் மேற்குப் புறத்தில் 57′ குறைவாகவும்

கிழக்குப் புறத்தில் 57′ அதிகமாகவும் காண்பான். இது புவி மையத் தோற்றப் பிழை (parallax) காரணமாக ஏற்படும் விளைவாகும். இதற்குத் தினசரி அசைவு எனப் பெயர்.

மேற்கூறிய மூன்று அசைவுகள் காரணமாக ஏறக்குறைய சந்திரனில் 59 சதவீதக் காட்சி மொத்தமாக எப்படியாவது கிடைத்துவிடுகிறது. ஆனால் ஒரு குறிப்பிட்ட சமயத்தில் 50 சத வீதம் மட்டுமே காட்சிக்குத் தெரியும் என்பதைக் கவனத்தில் கொள்ளவேண்டும்.

பயிற்சி

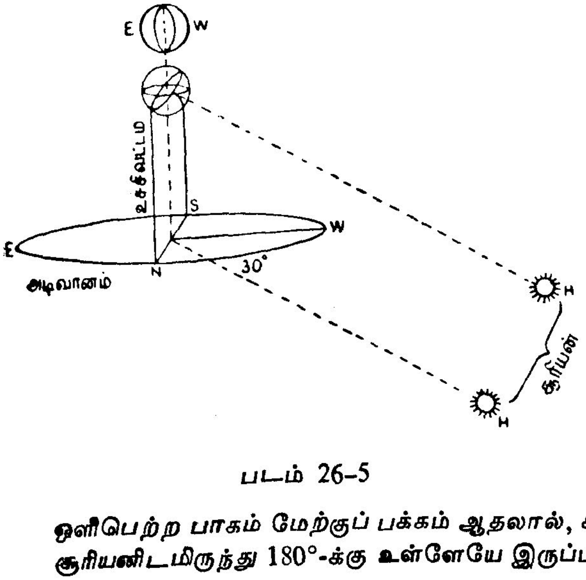
1. ஒரு நாள் சந்திரன் உச்சி கடக்கும்போது, பிறையளவு $\frac{3}{4}$ ஆகும். மேற்குப் பக்கம் ஒளிபெற்றிருந்தது. அப்போது சந்திரனின் வயதென்ன? கடிகாரக் காலமென்ன?

[பிறையளவு $= \frac{3}{4}$

(அ-து) $\frac{1}{2}(1 - \cos\theta) = \frac{3}{4}$

$\therefore \quad \cos\theta = -\frac{1}{2}$

$\therefore \quad \theta = 120^\circ$ அல்லது 240°



படம் 26–5

ஒளிபெற்ற பாகம் மேற்குப் பக்கம் ஆதலால், சந்திரன் சூரியனிடமிருந்து 180°-க்கு உள்ளேயே இருப்பான்.

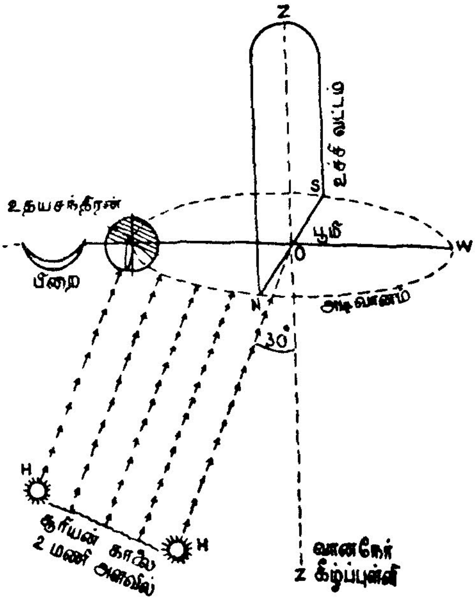
$\therefore \quad \theta = 120^\circ$

சந்திரனின் வயது

$$= 120^\circ \times \frac{29\frac{1}{2}}{360^\circ} = 9\frac{5}{6} \text{ நாள்கள்}$$

சந்திரன் உச்சியிலிருக்கும்போது, அது சூரியனிலிருந்து 120°-ல் உள்ளது. ஆகவே சூரியன் மேற்குத் தொடு வானத்திலிருந்து 120° − 90° = 30° கீழே இருப்பான். ஆகையால் தேவையான நேரம் = சூரிய அஸ்தமன மாகி 2 மணி நேரம் ஆகும். (அ-து) இரவு 8 மணி யாகும்.]

2. ஒரு நாள் இரவு 2 மணிக்கு (2 *a.m.*) சந்திரோதயம் ஆகிறது. அதன் பிறையளவு என்ன ? அதற்கு அடுத்த நாள் சந்திரன் எப்போது உதயமாகும் ?



படம் 26-6

[காலை 2 மணிக்கு சூரியன் கீழுச்சி கடந்து கிழக்கு அடிவானம் நோக்கி 2 × 15° = 30° நகர்ந்திருப்பான். சூரியனிலிருந்து பூமி *O* வின் மீது விழும் கதிர்களுக்கு

இணையாகக் கிழக்கு அடிவானத்தில் உதயமாகும் சந்திரன்மீது கதிர்கள் விழும். இதன் காரணமாகச் சந்திரன் பிறை வடிவில் படத்தில் காட்டியபடி தோற்றுவான். ஒளிபெற்ற பாகம் சூரியனை நோக்கியும், கொம்புகள் மேல் நோக்கியும் இருக்கும்.

அதன் பிறையளவு $= \frac{1}{2}(1 - \cos\theta)$, θ என்பது சூரியனிலிருந்து இடஞ்சுழியாக அளக்கப்பட்ட சந்திரனது விலக்கம்

$$= \tfrac{1}{2}(1 - \cos 300^\circ)$$
$$= \tfrac{1}{2}(1 - \cos 60^\circ)$$
$$= \tfrac{1}{4}$$

சந்திரோதயத்தில் சராசரி தாமதம் = 50·5 நி. ஆகவே அடுத்த நாள் சந்திரன் இரவு (காலை) 2ம 50·5 நி-க்கு உதயமாகும்.]

3. படங்கள் வரைந்து, சந்திரன் நீட்சி (elongation) மாறுதல்களையும், பிறையளவு மாறுதல்களையும், அவற்றிற் கிடைப்பட்ட தொடர்புகளையும் விளக்குக.

4. பின் கொடுக்கப்பட்ட பட்டியல் கொண்டு அமாவாசை நேரத்தைக் கணிக்க

	கதிரவன் கெட்டாங்கு	சந்திரன் கெட்டாங்கு
அக். 28 நண்பகல்	215° 4′ 30″	212° 0′ 0″
,, நள்ளிரவு	215° 34′ 30″	218° 41′ 15″

5. பின் கொடுக்கப்பட்ட பட்டியல் கொண்டு, பௌர்ணமி நேரத்தைக் கணிக்க

	கதிரவன் கெட்டாங்கு	சந்திரன் கெட்டாங்கு
டிசம்பர் 31 நண்பகல்	279° 36′ 30″	95° 0′ 30″
,, நள்ளிரவு	280° 7′ 0″	102° 1′ 30″

6. 1924ஆம் ஆண்டு மே மாதம் 3 ஆம் தேதியும் 1925ஆம் ஆண்டு மார்ச் மாதம் 24ஆம் தேதியும் அமாவாசை தினங்கள் ஆகும். இந்த இடைவெளியில் 11 திங்கள்கள் (lunations) இருப்பின், சந்திரனின் மீன்வழிச் சுற்று காலத்தைக் (Siderial period) கணக்கிடு.

7. கீழ்க் காண்பனவற்றிற்குக் காரணம் கூறுக:

(i) எப்போதும் நாம் சந்திரனின் ஒரே பாதிப் பகுதியையே பார்க்கிறோம்.

(ii) அமாவாசைக்குப் பிறகு தோன்றும் பிறைச்சந்திரன் மேற்கு வானத்தில் சூரியஅஸ்தமனமானவுடன் காணப் படுகிறது. ஆனால் அமாவாசைக்குச் சற்று முன்பு பிறைச் சந்திரன் கிழக்கு வானத்தில் சூரியோதயத் திற்கு முன்பு காணப்படுகிறது:

(iii) பௌர்ணமியிலிருந்து அடுத்த அமாவாசை வரை, சந்திரனின் கிழக்குப் பாகமே வெளிச்சம் பெறுகிறது.

8. குறிப்புகள் எழுது:

(i) சந்திரனின் பிறைகள், (ii) சந்திரனின் அசைவுகள் (librations), (iii) அறுவடை முழுமதி, (iv) வேடுவர் முழுமதி, (v) சந்திரனின் வளிமண்டலம் (lunar atmosphere), (vi) மெட்டன் காலவட்டம், (vii) பொன் எண் (Golden number), (viii) அலைகள்.

27. கிரகணங்கள்
(ECLIPSES)

1. நம் பஞ்சாங்கங்கள் சந்திர, சூரிய கிரஹணங்கள் நிகழும் தேதிகளை முன் கூட்டியே காலம், மணி நேர விவரங்களுடன் தருகின்றன.

வால் மீன்கள் தோன்றுவது மிகக் கொடிய துர் நிமித்தமென உலகினுக்கு அச்சத்தை விளைவித்ததுபோல, மக்களைப் பண்டைக் காலத்தில் அச்சுறுத்திய மற்றொரு வானக்காட்சி கிரகணமாகும். சந்திர, சூரிய கிரஹணங்கள் நிகழும்போது கிரேக்கர்கள் கடவுள் அவர்களைக் கைவிடுவதாக எண்ணினர். 'Eclipse' என்ற ஆங்கிலச் சொல், கைவிடுதல் (forsacial) என்ற சொல்லிலிருந்து பிறந்தது.

பாமரமக்கள் பயந்தாலும், கிரகணம் ஓர் இயற்கை நிகழ்ச்சி என்று அறிந்து பல நூறு ஆண்டுகளுக்கு முன்னரே, பல பகுதியில் வாழ்ந்த மக்கள் அது நிகழும் காலத்தை முன்னதாக உலகிற்கு அறிவிக்கும் ஆற்றலும் அறிவும் படைத்திருந்தனர்.

வானக் காட்சிகளைத் தொடர்ந்து கவனித்தால், சூரியக் கிரகணம் ஏற்படும் நாள் அமாவாசை என்றும், சந்திரக் கிரகணம் ஏற்படும் நாள் பௌர்ணமி என்றும் தெரியவரும்.

2. சந்திரக் கிரகணம்

கிரகணம் தோன்றும் நிகழ்ச்சியைச் சற்று விவரிப்போம். சந்திரன் தனது பாதையில் பூமியைச் சுற்றி வரும்போது ஒரு சமயத்தில் சூரியனுக்கும், சந்திரனுக்குமிடையே பூமி வரும் அப்போது சூரியனது ஒளி பூமியின்மேல் விழுந்து, பூமியின் நிழல் சந்திரன்மீது விழும். பூமி சூரியனைவிட மிகச் சிறிய கோளமாதலால் அதன் நிழல் கூம்பு வடிவில் உள்ளது. கூம்பின் முனை பூமியிலிருந்து 8,55,000 மைல் தூரத்தில் இருக்கிறது. சந்திரனின் தூரம் பூமியிலிருந்து சராசரி 2,38,860 மைல்கள். ஆகவே பூமி சுற்றும் பாதைத் தளத்திற்கு அருகே பௌர்ணமி வந்தால்,

அதாவது சூரியனிருக்கும் திசைக்கு எதிர்த்திசையில் சந்திரன் வந்தால், அதன்மீது பூமியின் நிழல் முற்றிலுமோ அல்லது ஒரு பாகத்தின் மீதோ படும். அந்தப் பாகம் இருளடைகிறது. இவ்வாறு சந்திரக் கிரகணம் ஏற்படுகிறது. சந்திரன் முற்றிலும் மறைந்தால் அது பூரண சந்திரக் கிரகணம் எனப்படும் (full lunar eclipse). சில சமயங்களில் சந்திரனின் ஒரு பகுதி மட்டுமே மறையக்கூடும். இது பார்சுவ கிரகணம் (partial eclipse) எனப்படும்.

சந்திரன், சூரியனுக்கும் பூமிக்கும் இடையே பூமி சுற்றும் பாதைத் தளத்தருகே வரும்போது, அதாவது அமாவாசை நாளன்று சந்திரனின் நிழல் பூமியின்மீது விழுந்து சூரியக் கிரகணம் ஏற்படும். சூரியக் கிரகணம் பூரண சூரியக் கிரகணமாகவோ (total solar eclipse), பார்சுவ சூரியக் கிரகணமாகவோ (partial solar eclipse) அல்லது நடுப்பாகம் மட்டும் மறைபட்டு கங்கண கிரகணமாகவோ காட்சியளிக்கும்.

பௌர்ணமியன்று சந்திரக் கிரகணம் ஏற்படுவதற்கும், அமாவாசையன்று சூரியக்கிரகணம் ஏற்படுவதற்கும் தகுந்த சூழ்நிலை இருக்கிறதெனத் தெரிகிறது. ஆனால் ஒவ்வொரு பௌர்ணமியன்றும் சந்திரக் கிரகணம் ஏற்படுவதில்லை; ஒவ்வோர் அமாவாசையன்றும் சூரியக் கிரகணம் ஏற்படுவதில்லை. இதற்குக் காரணம் காண்போம்.

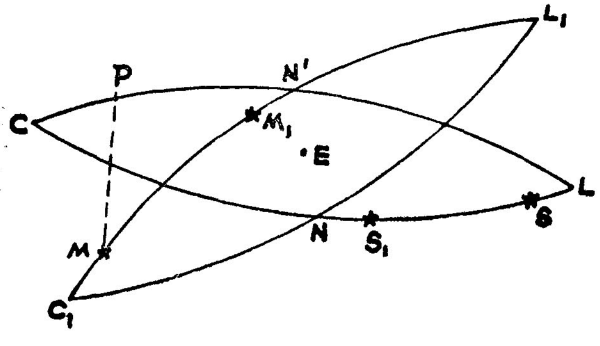
சூரியப் பாதைத்தளமும், சந்திரன் பயணத்தளமும் ஒன்றாக இருப்பின், ஒவ்வொரு பௌர்ணமிக்கும் ஒரு சந்திரக்கிரகணமும் ஒவ்வோர் அமாவாசைக்கும் ஒரு சூரியக் கிரகணமும் ஏற்படக்கூடும். ஆனால் சந்திரனின் பாதைத்தளம் சூரியனின் பாதைத் தளத்திற்குச் சராசரி 5° 2′ சாய்ந்து இருப்பதால், ஒவ்வொரு மாதத்திலும் சூரிய, சந்திரக் கிரகணங்கள் ஏற்படுவதில்லை.

ஏனெனில் அமாவாசையன்று சந்திரன் சூரியனிருக்கும் திசையில் வந்தாலும், பூமி சூரியனைச் சுற்றும் தளத்திற்கு மேலாகவோ அல்லது கீழாகவோ சென்றுவிடும். அது சூரியனை மறைப்பதில்லை. இதே போலப் பௌர்ணமியன்று சந்திரன் சூரியனிருக்கும் திசைக்கு நேர் எதிர்திசையில் இருந்தாலும் பூமியின் நிழலுக்குக் கீழாகவோ அல்லது மேலாகவோ சென்று விடுவதால் மறைபடுவதில்லை. சந்திரனின் பாதை பூமி சுற்றும் பாதைத் தளத்தை இரண்டு இடங்களில் வெட்டுகிறது.

ராகு, கேதுக்கள் : சந்திரன் பூமியுடன் சூரியனைச் சுற்றும் போது வெட்டுமிடங்களும் வான வெளியில் நிலை மாறுகின்றன. வானக் கோளத்தில் இந்த இரு வெட்டுமிடங்களின் நிலைகள் ஞாயிற்றுப்பாதை வட்டமும், சந்திரப் பாதை வட்டமும் வெட்டு மிடங்களாகும். இவை படத்தில் N, N' எனக்காட்டப்பட்டுள்ளன. வெட்டுமிடங்களில் சந்திரன் ஞாயிற்றுப் பாதை வட்டத்தைத் தெற்கிலிருந்து வடக்கே கடக்குமிடம் ராகு (ascending node) எனவும், வடக்கிலிருந்து தெற்கே கடக்குமிடம் கேது (descending node) எனவும் பெயர். படத்தில் N என்பது ராகு; N' என்பது கேது. இவற்றுள் ஒன்று சூரியனிருக்கும் திசையில் வந்து அன்று அமாவாசை அல்லது பௌர்ணமி நாளாக இருந் தால் மட்டுமே கிரகணம் நிகழும். ஏனெனில் அப்போது சந்திரன் சூரியனை மறைக்கவோ அல்லது பூமியின் நிழலில் மறைபடவோ நேரிடும்.

3. சந்திரக் கிரகணம் ஏற்படுவதற்குரிய சூழ்நிலையை ஆராய்தல்

படத்தில் CL என்பது சூரியனின் பாதை. C_1L_1 சந்திரனின் பாதை. N,N' என்பவை சந்திரன் பாதையின் கணுக்கள் (Moon's nodes). ஒரு பௌர்ணமியன்று சூரியனுக்கும், சந்திரனுக்கும் உள்ள நெட்டாங்கு வேறுபாடு 180° என நமக்குத் தெரியும்.



படம் 27-1

இப்போது Sல் சூரியனும், Mல் சந்திரனும் இருக்கட்டும். $\angle SLP = 180°$ ஆகட்டும். இப்பொழுது Sன் ஒளி, பூமி Eன் மேல் விழும்போது உருவாகும் நிழற் கூம்பில் சந்திரன் சிக்க முடியாது. எனவே பௌர்ணமியாயினும் சந்திரக் கிரகணம் ஏற்படக்கூடிய சூழ்நிலை இல்லை.

இனி, ஒரு பௌர்ணமியன்று சூரியன் S_1 லும் சந்திரன் M_1 லும் இருப்பதாகக் கொள்க. அப்போது நிழற் கூம்பில் M_1 சிக்கக்கூடிய சூழ்நிலை ஏற்படலாம். அதாவது N என்ற கணுவிற்கு வெகு தூரத்தில் S-ம், N' என்ற கணுவிற்கு வெகு தூரத்தில் Mம் இருந்து பௌர்ணமி ஏற்பட்டால், சந்திரக் கிரகணம் ஏற்பட இயலாது. ஆனால் Nக்கு மிக சமீபத்தில் சூரியனும், N'க்கு மிகச் சமீபத்தில் சந்திரனும் இருந்து பௌர்ணமி ஏற்பட்டால், சந்திரக் கிரகணம் ஏற்படக்கூடிய சூழ்நிலை உருவாகலாம். மற்றொன்றும் கவனிக்கவேண்டும். கணுக்களுக்கு அருகில் சந்திரன் இருக்கும்போது அதன் விண் அகலாங்கு மிகக்குறைவு.

ஆகவே முதற்படியாகச் சந்திரக் கிரகணத்திற்குத் தேவையான சூழ்நிலை யாதெனின்

(i) பௌர்ணமியாக இருக்கவேண்டும்.

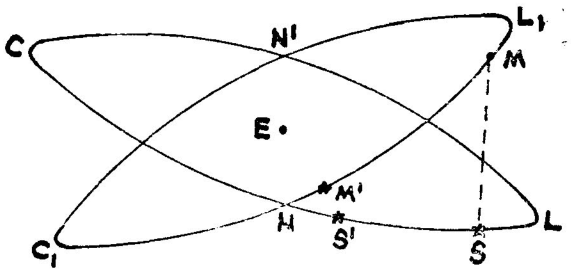
(ii) சந்திரனும், சூரியனும் எதிர் எதிர் கணுக்களுக்கு மிக அண்மையில் இருக்கவேண்டும்.

அதாவது, சந்திரனின் அகலாங்கு மிகச் சிறியதாய் இருக்க வேண்டும்.

குறிப்பு: இந்தவிதமான சூழ்நிலை ஒவ்வொரு பௌர்ணமிக்கும் உருவாவதில்லை.

4. சூரியக் கிரகணத்திற்குத் தேவையான சூழ்நிலையைப் பார்ப்போம்.

படத்தில் CL கதிரவன் பாதை, C_1L_1 சந்திரன் பாதை, N, N' சந்திரனின் கணுக்கள்.



படம் 27-2

இனி அமாவாசையன்று சூரியனுக்கும் சந்திரனுக்கும் சமமான நெட்டாங்கு இருக்கும். நெட்டாங்கு வேறுபாடு பூச்சியமாகும்.

Nக்கோ அல்லது N'க்கோ வெகு தூரத்தில் Sம், Mம் இருந்து அமாவாசையாகும்போது பூமியில் எப்பகுதியிலும் சூரியக் கிரகணம் ஏற்படாது. ஆனால் ஒரு கணுவிற்கு அருகில் S'ம், M'ம் இருந்து அமாவாசையானால் பூமியில் ஒரு பகுதியில் சூரியக் கிரகணம் ஏற்படலாம்.

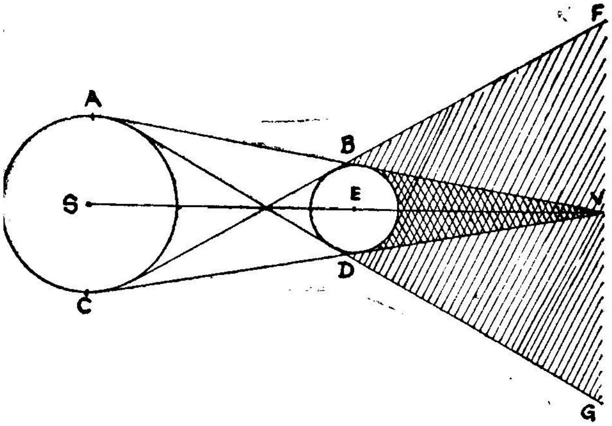
ஆகவே, முதற்படியாகச் சூரியக் கிரகணத்திற்குச் சூழ்நிலை யாதெனின்

(i) அமாவாசையாக இருக்கவேண்டும்.

(ii) சூரியனும், சந்திரனும் ஏதேனும் ஒரு கணுவிற்கு மிகச் சமீபத்தில் இருக்கவேண்டும்; அதாவது சந்திரன் அகலாங்கு மிகச் சிறியதாய் இருக்கவேண்டும்.

குறிப்பு: இந்த விதமான சூழ்நிலை ஒவ்வோர் அமாவாசைக்கும் உருவாகிறதில்லை.

ஆகவே, சந்திரன் ஒரு சந்திரக் கணுவிலோ அல்லது போதுமான அளவு சந்திரக் கணுக்களுக்கு அருகிலோ இருக்கும்போது பௌர்ணமி ஆனால் சந்திரக் கிரகணமும், அமாவாசையானால் சூரியக் கிரகணமும் ஏற்படும்.



படம் 27-3

5. பூமியின் நிழற்கூம்பு

சூரிய ஒளி காரணமாக ஏற்படும் பூமியின் நிழற் கூம்பை கவனிப்போம். படத்தில் S, E என்பன முறையே சூரியன், பூமி

ஆகியவற்றின் மையங்களைக் குறிக்கட்டும். AB, CD என்பன இவற்றிற்கு வரைந்த நேர் பொதுத் தொடுகோடுகள். AD, BC என்பன குறுக்குப் பொதுத் தொடுகோடுகள். AB, CD இரண்டும் V-ல் வெட்டட்டும்.

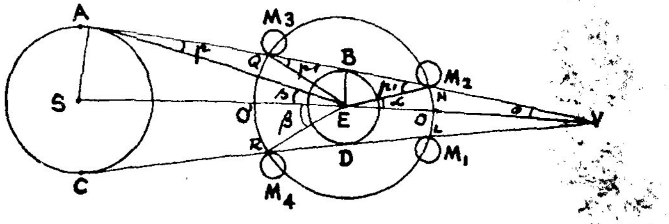
V-ஐ முனையாகக் கொண்ட கூம்புப் பகுதியான BVD-ல் சூரியனின் ஒளிக்கதிர்கள் விழுவதில்லை. இப்பகுதியினைக் (i) கருநிழல் (Umbra) எனக் கூறுகிறோம்.

VBF, VDG பகுதிகளில் ஒளி குறைந்து காணப்படும். இப்பகுதிகளை (ii) மென்னிழல் அல்லது குறைநிழல் அல்லது புறநிழல் (Penumbra) பகுதிகள் எனக் குறிப்பிடுகிறோம்.

இப்பகுதிகள் கருநிழல் போன்று முழுவதும் இருண்டோ அல்லது முழுவதும் பிரகாசமாகவோ இருப்பதில்லை.

(iii) நிழற்கூம்பின் பாதி உச்சிக்கோணம் காணல்

AB, CD என்னும் நேர் பொதுத் தொடுகோடுகள் சந்திரனின் பாதையை L, N, Q, R என்ற புள்ளிகளில் வெட்டட்டும். மையத்தின் இந்தத் தொடுகோடுகளை இப்புள்ளிகளிடத்துத் தொடும் சந்திரனின் நிலைகள் M_1, M_2, M_3, M_4 ஆகுக.



படம் 27-4

படத்தில், பூமியின் அரைவிட்டமான BE ஆனது சந்திரன் N-ல் தாங்கும் கோணம் BNE என்பது சந்திரனின் புவிமையத் தோற்றப்பிழை p' ஐக் குறிக்கும். இதேபோல் BE ஆனது சூரியனிடத்துத் தாங்கும் கோணம். BAE என்பது சூரியனின் புவிமையத் தோற்றப் பிழை p ஆகும். மேலும் சூரியனின் அரைவிட்டம் AS பூமியின் மையம் E-ல் தாங்கும் கோணம் AES என்பது சூரியனின் கோண அரைவிட்டம் s ஆகும். சந்திரனின் கோண அரை விட்டம் s' என்க.

இனி, நிழற்கூம்பின் பாதி உச்சிக் கோணம் $AVS = \theta$ எனக் கொள்வோம்.

முக்கோணம் AEVல்,

வெளிக்கோணம் $\angle AES = s = \theta + p$ ஆகும்.

$$\therefore \underline{\theta = s - p} \qquad (1)$$

இங்கு s, p இரண்டும் மாறிகள் ஆதலால் θவும் மாறியாகும். s, pன் சராசரி மதிப்புகள் முறையே $16'$ம், $8''\cdot79$ ஆகும்.

$\therefore$ θன் சராசரி மதிப்பு $= 16' - 8''\cdot79 = 15'\ 51''\cdot21$ ஆகும்.

$= \frac{1}{216}$ ஆரையன் அளவில் (தோராயமாக)

குறிப்பு : முக்கோணம் BEVல்

$$\sin\theta = \frac{BE}{EV}$$

$$(\text{அ-து})\ \frac{1}{216} = \frac{3960}{EV}$$

$\therefore$ $EV = 8,55,000$ மைல்கள் தோராயமாக.

இப்போது, பூமியிலிருந்து சந்திரனின் தூரம் தோராயமாக 2,38,860 மைல்கள்.

எனவே தக்க சூழ்நிலையில் சந்திரன் எப்போதும் நிழற்கூம்பின் உச்சி Vஐ தாண்டிக் கரு நிழலில் சிக்காது தப்பிக்க முடியாது.

6. சந்திரப் பாதையில், வில் LN, வில் QR, புவிமையம் Eல் தாங்கு கோணங்களைக் காண்போம்.

$\angle LEN = 2a$ எனின்,

$\angle NEV = a$ ஆகும்.

முக்கோணம் NEVயிலிருந்து,

வெளிக்கோணம் $p' = \angle NEV + \angle NVE$

$$= a + \theta$$

$$\therefore \quad a = p' - \theta$$

$$= p' - (s - p)$$

$$\therefore \quad a = p' + p - s \qquad (2)$$

$$= 57' + 8''{\cdot}72 - 16' \text{ (சராசரி மதிப்புகள்)}$$

$\therefore$ aன் மதிப்பு $= 41'9''$ (தோராயமாக)

குறிப்பு : வளி மண்டலத்தின் விளைவாக AN என்ற வெட்டுமுக வட்டத்தின் விட்டம் 2 சதவீதம் விரிவடைகிறது. இவ்வாறு aன் மதிப்பாகிய $a = 41'9''$ 2 சதவீதம் மிகுதிப்படுத்தினால் நாம் பெறுவது

$$\frac{51}{50} \times 41'9'' = 41'54'' = 41'{\cdot}9$$

இந்த மிகுதிப்பட்ட மதிப்பை a_0 எனக் குறிப்பிடுவோம்.

$$\therefore \quad a_0 = 41'{\cdot}9$$

இனி $\angle QER = 2\beta$ எனின்,

$\angle QES = \beta$ ஆகும்.

முக்கோணம் QEV யிலிருந்து, (QEஐ சேர்க்கவும்)

வெளிக்கோணம் $\angle QES = \angle BQE + \angle BVE$

$$\beta = p' + \theta$$

$$\therefore \quad \beta = p' + s - p \qquad (3)$$

$$= 57' + 16' - 8''{\cdot}79 \text{ (சராசரி மதிப்புகள்)}$$

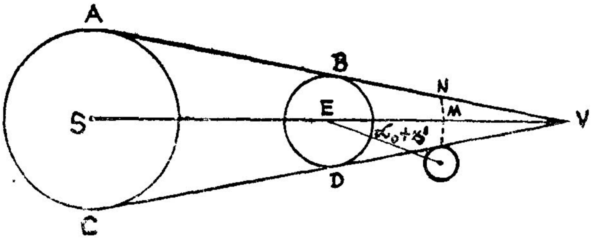
$\therefore$ βன் மதிப்பு $72'51''$ (தோராயமாக)

7. சந்திரக் கிரகணம் ஏற்படுவதற்கான நிபந்தனைகள்

சந்திரன் L என்னும் நிலையில் CD ஐத் தொடும்போது சந்திரக் கிரகணம் ஆரம்பமாகிறது. இந் நிலையில் நிழற் கூம்பின் அச்சு EVயிலிருந்து சந்திரனின் மையத்தின்

$$\text{கோணதூரம்} = a_0 + s' = 41'{\cdot}9 + 15'{\cdot}5 = 57'{\cdot}4$$
$$= 57'\ 24''$$

இக் கோணதூரமே சந்திரனின் விண் அகலாங்கு ஆகும்.



படம் 27-5

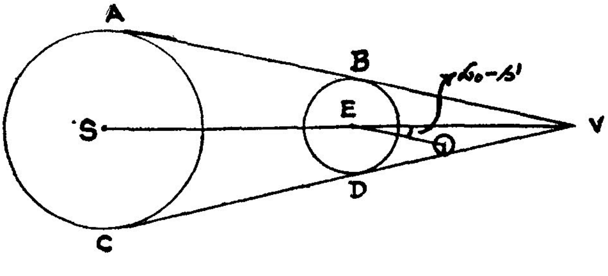
ஆகவே சந்திரக் கிரகணம் ஏற்பட நிபந்தனைகள்:

(i) பௌர்ணமியாக இருக்க வேண்டும்.

(ii) சந்திரனின் விண் அகலாங்கு $(a_0 + s')$க்குக் குறைவாக இருக்க வேண்டும்.

இந்த நிபந்தனைகள் சந்திரக் கிரகணம் ஏற்படுவதற்கு மட்டும் பொருந்தும்.

முழுச் சந்திரக் கிரகணம் ஏற்பட, சந்திரனின் அடிவரம்பு Lஐத் தொடவேண்டும். அப்போது சந்திரனின் மையத்தின் அகலாங்கு $a_0 - s'$க்குக் குறைந்திருக்க வேண்டும்.

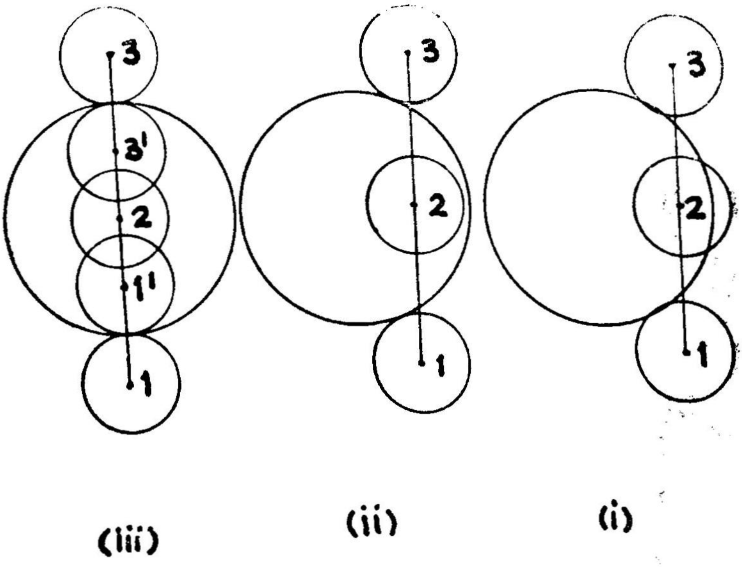


படம் 27-6

(அ-து) $41'\cdot9 - 15'\cdot5 = 26'\cdot4$க்குக் குறைந்திருக்க வேண்டும்.

ஆகவே முழுச் சந்திரக் கிரகணம் ஏற்பட வேண்டுமானால் சந்திரன் பௌர்ணமியன்று கணுவிற்கு அண்மையிலிருந்து அதன் அகலாங்கு $26'\cdot4$க்குக் குறைந்திருக்கவேண்டும்.

8. பக்கத்தில் உள்ள மூன்று படங்களில் சந்திரனது குறை, முழு, மையக் கிரகணங்கள் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளன.



படம் 27-7

இப்பொழுது சந்திரக் கிரகணத்திற்குரிய நிபந்தனைகளைத் தொகுத்துக் கூறலாம்.

(i) பௌர்ணமியாய் இருக்கவேண்டும்.

(ii) அப்பௌர்ணமி தினத்தன்று, சந்திரனின் அகலாங்கு

(a) $(a_0 + s')$க்கு மேற்படின் கிரகணம் ஏற்படாது.

(b) $(a_0 + s')$க்கு சமமாயின், கிரகணம் ஆரம்பம் அல்லது முடிவு.

(c) $(a_0 + s')$க்குக் குறைந்தும், $(a_0 - s')$க்கு மேற்பட்டும் இருப்பின் பகுதிச் சந்திரக் கிரகணம் ஏற்படும்.

(d) $(a_0 - s')$க்குச் சமமாயிருப்பின் முழுச்சந்திரக் கிரகணம் ஆரம்பம் அல்லது முடிவு.

(e) $(a_0 - s')$க்குக் குறைந்திருப்பின் முழுச்சந்திரக் கிரகணம் ஏற்படும்.

குறிப்பு: சந்திரன் நிலை 1-லிருந்து நிலை 3க்குச் செல்ல எடுத்துக்கொள்ளும் காலம் அதாவது நிழற்கூம்பை வெளிப்புறமாகக் கிரகண ஆரம்பத்திற்கு முன்பும், பிறகு கிரகணம் முடியும் நிலையிலும் தொடும் இருநிலைகளுக்கு இடைப்பட்ட காலம் மொத்தக் கிரகண காலம் எனப்படும்.

ஆனால் பூர்ணச் சந்திரக் கிரகண காலம் கணித்திடச் சந்திரன் பூமியின் நிழற் கூம்பில் நிலை 1′ லிருந்து நிலை 3′க்குச் செல்ல எடுத்துக்கொள்ளும் காலத்தைக் கணக்கிட வேண்டும்.

9. சந்திரக் கிரகண காலம் கணித்தல்

படத்தில் சந்திரனின் மையம் நிலை 1லிருந்து நிலை 3க்குச் செல்ல எடுத்துக்கொள்ளும் காலமே கிரகண காலமாகும். இக்காலம் மைய மறைப்பு ஏற்படும்போது மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறுகிறது. படம் 27-4ஐப் பார்க்கவும். இதில் O என்ற புள்ளி சூரியனுக்கு நேரெதிராகச் சூரியப் பாதையில் உள்ளது. இது சூரியனது கோண வேகத்துடன் பூமியைச் சுற்றிவரும். ஆகவே சந்திரனின் மையம் Oஐ யொட்டி நாளொன்றுக்கு 12°·2 (அ-து) மணிக்கு 30′ வீதம் நகரும்.

ஆகவே சந்திரக் கிரகண காலம்

$$= \frac{2\,(a_0 + s')}{30} \text{ மணிகள் எனக் கணிக்கலாம்.}$$

$$= \frac{2(57'\cdot 4)}{30} = \frac{114\cdot 8}{30} = 3 \text{ ம } 49\cdot 6 \text{ நி}$$

கிரகண காலத்தின் மீப்பெரு மதிப்பு காண, a_0, s' இரண்டிற்கும் உள்ள மீப்பெரு மதிப்புகளைப் பிரதியிட்டுக் கணிக்க வேண்டும்.

இதற்கு p', p, s, s' ஆகியவற்றின் மீச்சிறு, மீப்பெரு மதிப்புகள் தேவை. அவை கீழே தரப்பட்டுள்ளன :

	மீச்சிறு மதிப்பு	மீப்பெரு மதிப்பு	சராசரி மதிப்பு
சூரியனின் புவிமையப் பிழை p			$8''\cdot79 = 0'\cdot15$
சந்திரனின் புவிமையப் பிழை p'	$52'\cdot5$	$61'\cdot5$	$57'$
சூரியனின் கோண அரைவிட்டம் s	$15'\cdot8$	$16'\cdot3$	$16'$
சந்திரனின் கோண அரை விட்டம் s'	$14'\cdot7$	$16'\cdot8$	$15'\cdot5$

ஆகவே, மீப்பெரு $a_0 = \frac{50}{51}(p' + p - s)$

$$= \frac{51}{50}[61'\cdot5 + 0'\cdot15 - 15'\cdot8] = 46'\cdot77$$

மீப்பெரு $s' = 16'\cdot8$

$\therefore$ மீப்பெரு சந்திரக் கிரகண காலம்

$$= \frac{2(46'\cdot77 + 16'\cdot8)}{30} \text{ மணிகள்}$$

$$= 4 \text{ மணி } 14 \text{ நி } 16\cdot8 \text{ வி}$$

மீச்சிறு முழுச் சந்திரக் கிரகண காலம்

$$= \frac{2(a_0 - s')}{30}$$

$$= \frac{2'46'\cdot77 - 14'\cdot7)}{30} \text{ மணிகள்}$$

$$= 2 \text{ ம } 8 \text{ நி } 16\cdot8 \text{ வி.}$$

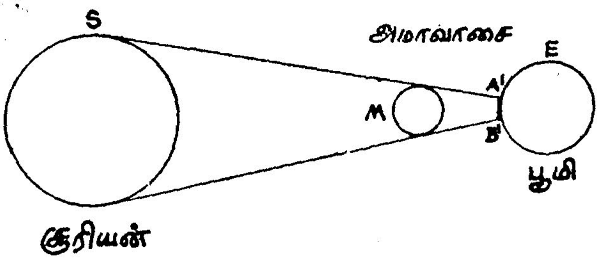
குறிப்பு 1 : இன்னும் மிகச் சரியாகக் கணக்கிட வேண்டுமானால், சந்திரனின் சார்வேகம் மணிக்கு $\frac{360°}{29\cdot53} \times 24 = 30'\cdot3$ எனக் கொண்டு கணிக்கவேண்டும்

குறிப்பு 2 : சந்திரக் கிரகணம் ஏற்படின், அது பூமியின் ஒரு பாதிப் பகுதியில் (அ-து) இரவு பெற்று முழு மதியம் தோன்றும் பாதிப் பகுதியில் தெரியும். ஆனால் பூமி தன்னைத் தானே சுற்றிக் கொண்டிருப்பதால் சந்திரக் கிரகணம் பாதிக்கு மேற்பட்ட பகுதியில் தெரிய வாய்ப்புள்ளது.

குறிப்பு 3 : சந்திரக் கிரகணம் கங்கண (annular) கிரகணமாக இருக்க முடியாது. ஏனெனில், கங்கண கிரகணம் ஏற்பட, சந்திரன் பூமியின் நிழற் கூம்பைக் கடக்குமிடத்தில் அதன் விட்டம் நிழற் கூம்பின் விட்டத்தை விட அதிகமாக இருக்கவேண்டும். ஆனால் மிகக் குறைந்த மதிப்புகளையும் கொண்டு நிழற் கூம்பின் விட்டம் $= 2(52'\cdot5 + 8''\cdot79 - 16'\cdot3) = 72'\ 41''\cdot58$ ஆகும். சந்திரனின் விட்டத்தின் மீப்பெரு மதிப்பு $= 33'\ 32''$ இதிலிருந்து பூமியின் நிழற் கூம்பின் விட்டம் சந்திரன் விட்டத்தைவிடச் சுமார் $2\frac{1}{4}$ மடங்காகும். ஆகவே நிழற் கூம்பில் சந்திரன் பூரண சந்திரக் கிரகணம் நீடிக்கும் காலம் முழுவதும் மறைந்திருக்கும். எப் போதும் சந்திரனின் நடுப்பகுதி மட்டும் மறைந்து தோற்ற மளிக்காது.

10. சூரியக் கிரகணங்கள்

சந்திரன் தனது பாதையில் M_3 என்ற இடத்திற்கு வந்து QR (படம் 27-4) என்ற பாதை வழியாகச் செல்லும்போது சூரியனது ஒளி சந்திரன் மீது படுகிறது. அப்போது சந்திரனால்



படம் 27-8

உண்டாகும் நிழற்கூம்பின் கருநிழற்பகுதி பூமியின் ஒரு பகுதியின் மீது விழுகிறது. அப்பகுதியான $A'B'$க்கு சூரியக் கிரகணம்

ஏற்படுகிறது. பூரண சூரியக் கிரகணம் ஏற்படும் இப்பகுதி சிறிய பரப்பாகவே இருக்கும். மேலும் சந்திரன் நிழற்கூம்பிற்குள்ளே நகரும்போது, பூமியின் மேற்பரப்பில் இப்பகுதியும் நகரும். சந்திரனின் மையம் M_3ல் உள்ளபோது சூரியக் கிரகணம் ஆரம்பமாகிறது. ஆரம்பித்துச் சந்திர மையம் M_4க்கு வந்து சேர்ந்த பிறகு, பூமியில் அப்பகுதியில் சூரிய ஒளி மறுபடியும் தெரிகிறது.

ஆகவே, சூரியக் கிரகணம் பூமியின் ஒரு பகுதியில் ஆரம்பமாகச் சந்திர மையத்தின் அகலாங்கு $M_3\,O'$க்குச் சமமாக இருக்க வேண்டும்.

$$
\begin{aligned}
M_3\,O' &= s' + \beta \\
&= s' + p' - p + s \\
&= 15'{\cdot}5 + 57' - 0'{\cdot}15 + 16' \\
&= 88'{\cdot}35
\end{aligned}
$$

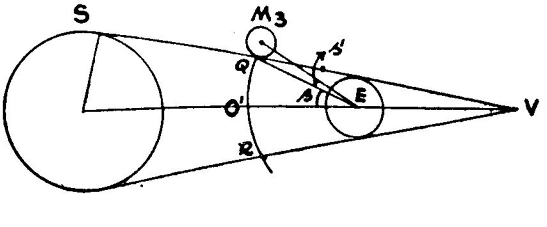
ஆகவே, சூரியக் கிரகணம் ஏற்படுவதற்குரிய நிபந்தனைகள் இரண்டு

(i) அமாவாசையாக இருக்கவேண்டும்.

(ii) சந்திர மையத்தின் அகலாங்கு $\beta + s'$க்குக் (அ-து $88'\cdot35$) குறைந்திருக்க வேண்டும்.

11. பலவகைச் சூரியக் கிரகணங்கள்

சந்திரன் பூமிக்கும், சூரியனுக்கும் இடையே வந்து, மூன்றின் மையங்களும் ஒரு நேர்க்கோட்டில் அமையட்டும்.



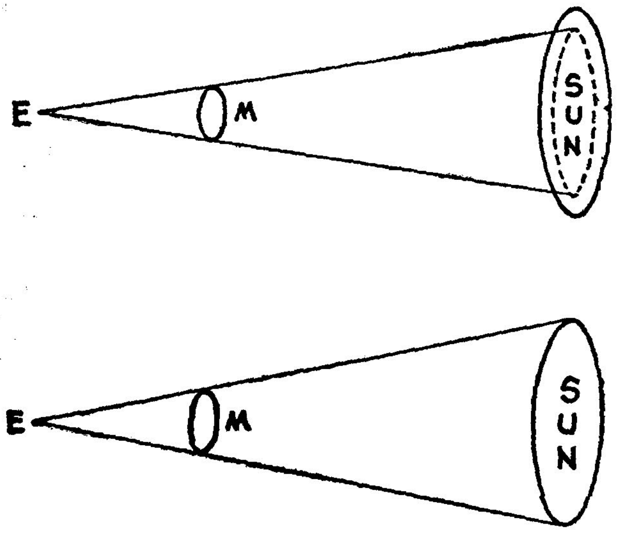
படம் 27-9

சந்திரனின் நிழல் பூமியின்மீது விழும் பகுதிகளில் எல்லாம் சூரியக் கிரகணம் ஏற்படும்.

இனி, சூரியனின் கோண அரைவிட்டம் s என்பது 16'·3 லிருந்து 15'·8 வரை மாறுகிறது. சந்திரனின் கோண அரை விட்டம் 16'·8லிருந்து 14'·7 வரை மாறுகிறது.

ஆகவே, சில சமயங்களில் s ஆனது s'ஐ விட மிகையாக இருக்கலாம்; சில சமயங்களில் அவை சமமாக இருக்கலாம்; வேறு சில சமயங்களில் s ஆனது s'க்கும் குறைவாக இருக்கலாம்.

s ஆனது s' விட அதிகமாக இருக்கும்போது ஒரு சூரியக் கிரகணம் நிகழட்டும். அப்பொழுது சந்திரனின் பிம்பம் பூமிக்கும் சூரியனுக்கும் இடையே வந்து சூரியன் நம் கண்ணிடத்தே உண்டாக்கும் கோணத்தைவிடச் சிறியதான கோணத்தை உண்டாக்கும். இந்நிலையில் சந்திரன் சூரிய பிம்பத்தின் நடுப் பகுதியையே மறைக்க முடியும். மறைக்கப்பட்ட பகுதியைச் சுற்றிய வளையப்பகுதி ஒளியுடனே காணப்படும். உதாரணமாக, சந்திரன் விட்டம் 30' என்றும் சூரியன் விட்டம் 32' ஆக இருக் கட்டும். அப்போது சூரியனின் நடுப்பகுதி மறைக்கப்பட்டுக்



படம் 27-10

கதிரவன் வட்டத்தில் 1' கோண அகலமுள்ள விளிம்பு வளையம் ஒளி வீசி நிற்கும். அப்போதுள்ள கதிரவன் மறைப்பு நடுமறைப்பு எனப்படும். இவ்வகையான கிரகணம் கங்கண கிரகணம் (Annular eclipse) எனப்படும்.

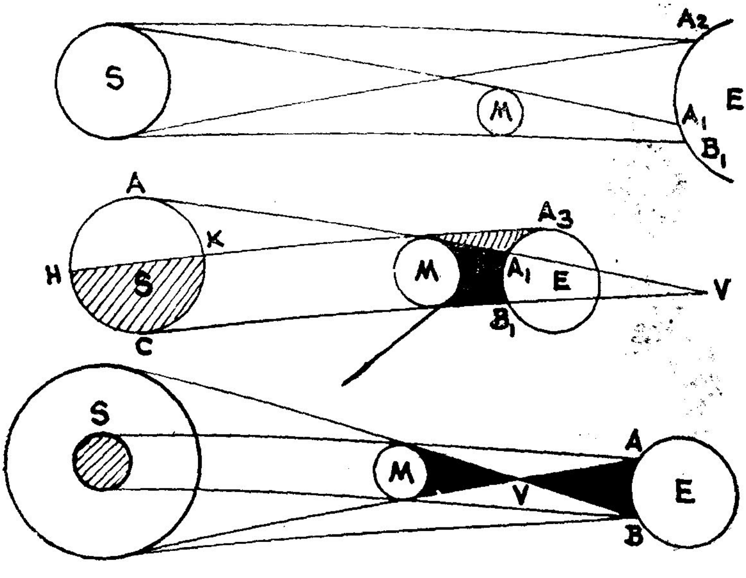
இதற்கு மாறாக, s ஆனது s'க்குச் சமமாகவோ அல்லது குறைவாகவோ உள்ள நிலையில் ஏற்படும் சூரியக் கிரகணத்தைக் கருதுவோம். இம்மாதிரியான கிரகணத்தில், சந்திர பிம்பம் சூரியனைப் பூராவும் மறைக்கும், சந்திரனின் நிழல் நகரும் பூமியின் பகுதியிலிருந்து பார்ப்பவர்க்கு இக்கிரகணம் பூரணச் சூரியக் கிரகணமாகும்.

ஓர் எல்லைக்குட்பட்ட பகுதியில் கிரகணம், பூரண சூரியக் கிரகணமாகவோ அல்லது கங்கண கிரகணமாகவோ காட்சியளிக்கும்போது, பூமியின் வேறு சில பகுதிகளில் இருந்து பார்க்கும்போது அது பார்சுவ கிரகணமாகக் (Partial eclipse) காட்சியளிக்கும்.

ஆகவே, சூரியக் கிரகணங்கள் மூன்று வகைப்படும்

(i) பார்சுவ கிரகணம், (ii) பூரண கிரகணம், (iii) கங்கண கிரகணம்.

கீழ்க்காணும் படங்கள் மேலே கூறியவற்றை விளக்குகின்றன.



படம் 27-11

படம் (i)ல் A_1B_1 என்ற பகுதியில் முழு மறைப்பு ஏற்படுகிறது. ஆனால், அதே சமயம் A_2 என்ற பகுதியில் முழுக் கதிரவன் ஒளி வீசிக்கொண்டிருக்கிறது. படம் (ii)ல் A_1B_1ல்

முழு மறைப்பு ஏற்படும்போது, பகுதி A_8ல் பகுதி மறைப்பே ஏற்படுகிறது.

படம் (iii) AB என்ற பகுதியில் நடு மறைப்பு ஏற்படுகிறது.

ஆகவே சூரியக் கிரகணத்தைப் பற்றிய விவரங்களைக் கவனிக்கவும்.

(i) சில பகுதிகளில் மட்டுமே கிரகணம் காணப்படும். அப்போது சில பகுதிகளில் முழுக் கதிரவன் தெரியும்.

(ii) சில பகுதிகளில் பார்சுவ கிரகணமாகவும், மற்றும் சில பகுதிகளில் பூர்ணக் கிரகணமாகவும் காணப்படும். அப்போது மற்றப் பகுதிகளில் முழுக் கதிரவன் ஒளி வீசிக்கொண்டிருக்கும்.

(iii) நடுப்பகுதி மட்டுமே சில இடங்களில் மறைந்து காணப்படும். அப்போது மற்றப் பகுதிகளில் முழுக் கதிரவன் ஒளி வீசிக் கொண்டிருக்கும்.

குறிப்பு : *நிழற்கூம்பின் முனை V பூமியின் வலப்பக்கம் இருப்பின் முழு மறைப்பு ஏற்படும். முனை பூமியின் இடப்பக்கம் இருப்பின் நடு மறைப்பு ஏற்படும்* [படம் (ii), (iii)ஐ பார்க்கவும்]

சூரியக் கிரகண காலம் : சந்திரக் கிரகண காலம் பூமியில் அது தெரியும் எல்லா இடங்களுக்கும் ஒன்றாகவே இருக்கும். ஆனால் சூரியக் கிரகணம் தென்படுவது மிகச் சிறிய பகுதியே. பூமியின் மீது சந்திரன் நிழல் படும் அகலத்தைக் (கோள முடி) கொண்டும் சந்திரனின் நிழலின் வேகத்தைக் கொண்டும் சூரியக் கிரகண காலத்தைக் கணிக்கலாம்.

சந்திரனின் நிழலின் வேகம் கிழக்குத் திசையில் மணிக்கு 2015 மைல்கள். பூமத்திய ரேகையின் மீதுள்ள ஓர் இடத்தின் திசை வேகம் கிழக்குத் திசையாக மணிக்கு 1036 மைல்கள் ஆகும். ஆகவே சந்திரனின் நிழலின் சார்வேகம் = மணிக்கு 979 மைல்கள் ஆகும்.

பூமியின் மீது சந்திரனின் நிழல் படும் வில் நீளம் = 126·2 மைல்.

ஆகவே சூரியக் கிரகண காலம்

$$= \frac{126 \cdot 2}{979} \text{ மணி} = 7\text{நி } 44 \text{ செ}$$

பூமியின் மற்றப் பகுதிகளில் பூமியின் சுற்று வேகம் குறைவு. ஆகவே சந்திரனின் நிழலின் சார்வேகம் 979 மைல்களுக்கு அதிகமாகும். ஆகவே சூரியக் கிரகண காலம் 7 நி 44 செ குறைவாகும். ஆகவே சூரியக் கிரகண காலம் பூமத்திய ரேகை மீதுள்ள இடங்களுக்கே மீப்பெரு மதிப்புள்ளதாகும்.

12 சூரிய, சந்திரக் கிரகணங்களுக்குள்ள ஒற்றுமை வேற்றுமைகள்

(1) சந்திரன் விண்மீன்களிடையே கிழக்காக நகர்வதால் சந்திரக் கிரகணத்தின்போது அதன் கிழக்குப் பாகம் முதலில் மறைகிறது. சூரிய கிரகணத்தின்போது, சந்திரன் வெட்டுமுகம் QRல் செல்லும்போது, சந்திரனின் கிழக்குப் பகுதியே முதலில் நுழைகிறது. இதனால் சூரியனின் மேற்குப் பகுதியே முதலில் மறைக்கப்படுகிறது. பிறகு மெள்ள மெள்ள மற்றப் பாகம் மறைக்கப்படுகிறது.

(2) சந்திரக் கிரகணத்தின்போது சந்திரன்மீது சூரிய ஒளி படாததால், சந்திரன் ஒளி இழக்கிறான். ஆனால் சந்திரன் முழுவதும் நிழலில் புகுந்தாலும், கண்ணுக்குத் தோன்றாது இருப்பதில்லை. மங்கிய செப்பு நிறமாகக் காணப்படுகிறது. பூமியின் வளி மண்டலம் வழியாகச் செல்லும் சூரிய ஒளிக்கதிர் விலக்கம் ஏற்பட்டு நேராகச் செல்லாமல் உள் வளைந்து சந்திரன் மேல் விழுவதால் இந்தத் தோற்றம் ஏற்படுகிறது.

(3) சூரியக் கிரகணங்கள் 3 வகைப்படும். அவை பூரணச் சூரியக் கிரகணம், பார்சுவ சூரியக் கிரணம் (அ-து) ஒரு பக்க மறைவு, கங்கண சூரியக் கிரகணம் என்பன. ஆனால் சந்திரக் கிரகணங்கள் இருவகைதான். அவை பூர்ண சந்திரக் கிரகணம், பார்சுவ சந்திரக் கிரகணம் என்பன. பூமியின் நிழற்கூம்பின் வெட்டு முகம் LN என்பது சந்திர பிம்பத்தைவிட அதிக அகலமாக இருப்பதனால், சந்திரக் கிரகணங்கள் கங்கணத் தோற்றமாக இருக்கமுடியது.

(4) வெட்டுமுகம் QR என்பது வெட்டு முகம் LNஐ விடப் பெரியதாய் இருப்பதால், சந்திரன் QR என்ற வெட்டு முகத்தில் நுழைவதற்கு அதிக வாய்ப்பு இருக்கிறது. ஆகவே ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்தில் ஏற்படும் சூரியக் கிரகணங்கள் சந்திரக் கிரகணங்களைவிட எண்ணிக்கையில் அதிகமாகும்.

ஆனால் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்தில் ஏற்படும் சூரியக் கிரகணங்களின் எண்ணிக்கை, சந்திரக் கிரகண எண்ணிக்கைகளைவிடக் குறைவாகலாம். ஏனெனில்,

சந்திரக் கிரகணம் ஏற்படும்போது நிழற்கூம்பு பக்கம் திரும்பியுள்ள பூமியின் எல்லாப் பகுதிகளிலும் (இது பாதி கோளத்திற்கு மேலான பாகமே) அது தென்படுகிறது. இதற்கு மாறாகச் சூரியக் கிரகணமோ சில இடங்களில் பார்சுவ கிரகணமாகவும், பூமியின் ஒரு சிறிய பகுதியில் பூரண அல்லது கங்கண கிரகணமாகவும் காட்சியளிக்கும். மேலும் சூரியனை நோக்கி இருக்கும் பூமியின் சிறிய பகுதியிலேயே அது தென்படும் ஆகவே ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் சூரியக் கிரகணங்களைவிட அதிகச் சந்திரக் கிரகணங்கள் தென்படுகின்றன.

சூரியக் கிரகணத்தின்போது, முதலில் சூரியனின் மேற்கு விளிம்பு மறைந்து பிறகு மற்றப் பாகம் மறைகிறது எனப் பார்த்தோம். அதன் கிழக்குப் பாகம் பிறைபோல் தோன்றி முழுதும் மறையும் முன்னர் முத்து வளையல்போல் விட்டு விட்டு ஒளிருகிறது. இதற்குக் காரணம் சந்திரனின் மறைக்கும் விளிம்பு ஒழுங்கான வட்டமாக இராமல் மலைகளும், பள்ளத்தாக்குகளும் நிறைந்தனவாய் இருப்பதாகும்.

13. சூரியக் கிரகணத்தின் முக்கியத்துவம்

பூர்ண சூரியக் கிரகணம் ஓர் இடத்தில் ஏற்படுவது ஓர் அரிய சம்பவம் ஆகும். அது சுமார் 8 நிமிடங்களுக்கு மேல் நீடிப்பதில்லை. மேலும் அது சூரியனுக்கு நேர்க்கீழ்ப் புள்ளியைச் (sub solar point) சுற்றி 1° கோண அரை விட்டத்தில் உள்ள சிறிய பகுதியில்தான் காணப்படும்.

சூரியக் கிரகணத்தின்போது சூரியனைச் சுற்றி வானம் இருண்டு காணப்படும். அப்போது சூரியனுக்கு அண்மையில் புதக் கிரகத்திற்கும் உள்ளிட்ட கோள் ஏதேனும் இருக்கிறதா எனச் சோதிப்பதற்குச் சூரியக் கிரகணமே ஏற்ற சமயமாகும்.

பூரண சூரியக் கிரகணம் சூரியனது ஒளிர் முடியைப் பற்றிய தகவல் சேகரிப்பவர்களுக்கு அரிய வாய்ப்பாகும். பூரண சூரியக் கிரகணங்கள் வான ஆராய்ச்சி நிலையங்கள் உள்ள இடங்களிலே தோன்றுவதென்பது மிக அரிதாகும். ஆகவே கிரகணம் நிகழும் இடங்களுக்கு அவர்கள் எல்லா வானாய்வுக் கருவிகளுடன் செல்வார்கள். ஐன்ஸ்டீனின் சார்ச்சித் தத்துவத்தின்படி (Einstein's theory of relativity) ஒரு வலிவுள்ள ஈர்ப்பு சக்தி நிறைந்த களத்தில் ஓர் ஒளிக்கதிர் வளைந்து செல்லவேண்டும். இக்கொள்கையை நிலைநாட்ட வலிவுள்ள ஈர்ப்பு சக்தி நிறைந்த சூரியனிருக்கும் திசையில் உள்ள விண்மீன்களின் இடப் பெயர்ச்சி காணவேண்டி வந்தது. 1919ஆம் ஆண்டு மே மாதம் 29ஆம் தேதியன்று நிகழ்ந்த பூரண சூரியக் கிரகணத்தின்போது

சூரியனது திசையில் உள்ள விண்மீன்களைப் படம் பிடித்து, கிரகணத்திற்கு முன்பு எடுத்த படங்களுடன் ஒப்பிட்டு ஐன்ஸ்டீனின் கொள்கை சரி எனக் கண்டனர்.

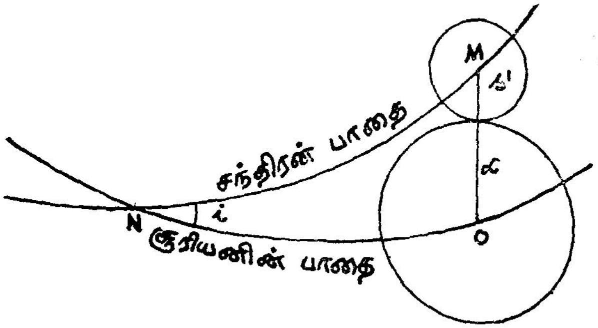
14. ஒரு திங்கட்கால அளவைக் கணக்கிடல்

ஒரு திங்கட்காலம் என்பது இரண்டு அடுத்தடுத்த அமாவாசை அல்லது பௌர்ணமிகளுக்கு இடைப்பட்ட காலமாகும். நீண்ட இடைவெளியில் ஏற்படும் இரு ஒரே வகையான கிரகணங்களின் மைய காலங்களைக் கணித்து அவற்றிற்குள்ள கால வித்தியாசத்தை இடையில் ஏற்பட்ட திங்கள்கள் (lunations) எண்ணிக்கையால் வகுக்க, ஒரு திங்கட் காலத்தின் சராசரி அளவு (நாட்களில்) கிடைக்கும். பூர்ண சூரிய கிரகண ஆரம்ப, முடிவு காலங்களைத் திட்டமாகக் கணக்கிடக் கூடுமாதலால், திங்கட் கால அளவைக் கணக்கிட நீண்ட இடைவெளியில் ஏற்படும் இரு சூரியக் கிரகணங்களைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கணக்கிட்டால் மிகச் சரியான விடை கிடைக்கும்.

15. சந்திரன் மறைப்புக் கணுத்தூர எல்லைகள் (Lunar ecliptic limits)

முன்பு சந்திரக் கிரகணத்திற்குத் தேவையான சூழ்நிலை (i) பௌர்ணமியாக இருக்கவேண்டும், (ii) சூரியனும், சந்திரனும் எதிர் எதிர்க் கணுக்களுக்கு மிக அண்மையில் இருக்கவேண்டுமென்று பார்த்தோம்.

அண்மையில் இருக்க வேண்டுமானால், எந்த அளவிற்கு அண்மையில் இருக்க வேண்டுமென்று பார்ப்போம்.



படம் 27-12

படத்தில் NM சந்திரனின் பாதையையும், NO சூரியனின் பாதையையும் குறிக்கட்டும். N என்பது ஒரு சந்திரக்கணு.

O நிழற்கூம்பின் வெட்டு முகத்தின் மையம். a வெட்டு முகத்தின் அரைக் கோணவிட்டம். சந்திரன் ஒரு நிலையில் வெட்டுமுக வட்டத்தைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கிறது. சந்திரனின் மையம் M. இந்நிலையில் $MO = l$, சந்திரனின் அகலாங்கைக் குறிக்கிறது. $\angle MNO = i$ என்பது சூரியன் பாதையுடன் சந்திரனின் பாதைச் சரிவைக் குறிக்கிறது.

கோள முக்கோணம் NOMலிருந்து

$$\sin NO = \tan l \cot i$$

இதிலிருந்து NOவின் மதிப்பினை அறியலாம். NOன் மதிப்பு இதைவிட அதிகமாக இருப்பின், சந்திரக் கிரகணம் ஏற்படாது என்றும், அம்மதிப்பு இச்சமயத்திலுள்ளதைவிடக் குறைவாக இருப்பின் சந்திரக் கிரகணம் ஏற்படும் என்பதும் தெளிவு.

இப்பொழுது i, l இரண்டும் மாறிகளாகும். iன் மதிப்பு $4°58'\cdot8$ லிருந்து $5°18'\cdot6$ வரை மாறுகிறது. lன் மதிப்பு, a, sன் மதிப்புகளைப் பொறுத்துள்ளது.

இனி $\sin NO = \tan l / \tan i$ ஆதலால்,

lன் மீச் சிறு மதிப்பையும், iன் மீப்பெரு மதிப்பையும் கொண்டு NOன் மதிப்பைக் கணக்கிட்டால், அது NOன் மீச்சிறு மதிப்பாகும். இதே போல், lன் மீப்பெரு மதிப்பையும், iன் மீச்சிறு மதிப்பையும் கொண்டு NOன் மதிப்பைக் கணக்கிட்டால், அது NOன் மீப்பெரு மதிப்பாகும்.

NOன் மீச்சிறு மதிப்பை x_1 என்றும், மீப்பெருமதிப்பை x_2 என்றும் குறிப்பிடுவோம்

$$l = a_0 + s' = \frac{51}{50} a + s'$$

lன் மீச்சிறு மதிப்பு

$$= \frac{51}{50} (52\cdot5 + 0\cdot15 - 16\cdot3) + 14\cdot7 = 51'\cdot78$$

iன் மீப்பெரு மதிப்பு $= 5°\ 18'\cdot6$

$\therefore$ NOன் மீச்சிறு மதிப்பு $= x_1 = \sin^{-1}(\tan l \cot i) = 9°26'$

lன் மீப்பெரு மதிப்பு

$$= \frac{51}{50}(61'\cdot5 + 0'\cdot15 - 15\cdot8) + 16'\cdot8 = 63'\cdot57$$

iன் மீச்சிறு மதிப்பு $= 4°\ 58'\cdot8$

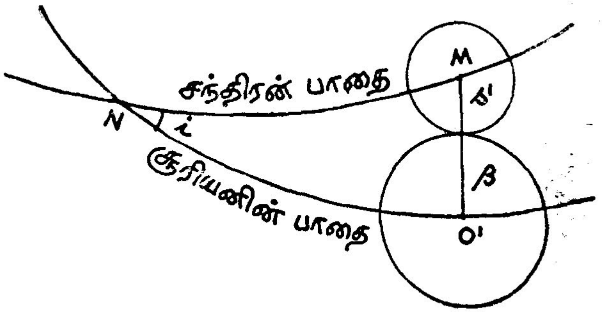
$\therefore$ NOன் மீப்பெரு மதிப்பு $= \sin^{-1}(\tan l \cot i) = 12°\ 20'$

எனவே பௌர்ணமியன்று, சூரியன் தனக்கு அண்மையிலுள்ள கணுவிலிருந்து 9° 26′ அல்லது அதற்குக் குறைவான தூரத்தில் இருந்தால், சந்திரக் கிரகணம் உறுதியாக நிகழும். ஆனால் 9°26′க்கும் 12°20′க்கும் இடைப்பட்டிருப்பின் சந்திரக் கிரகணம் ஏற்படினும் ஏற்படலாம்; அல்லது ஏற்படாது போயினும் போகலாம். ஆனால் 12°20′க்கு மேற்படின் சந்திரக் கிரகணம் உறுதியாக ஏற்படாது.

எனவே x_1 என்பது சந்திரக் கிரகணத்திற்குரிய மீச்சிறு கிரகண வரம்பு (minor ecliptic limit) என்றும், x_2 என்பது மீப்பெரு கிரகண வரம்பு (major ecliptic limit) என்றும் கூறுகிறோம்.

16. சூரியக் கிரகணக் கணுத் தூர எல்லைகள் (Solar ecliptic limits)

இதேபோல் சூரியக் கிரகணத்திற்குரிய மேல் கீழ் வரம்பு எல்லைகளைக் கணக்கிடலாம்.



படம் 27-13

படத்தில் NM சந்திரன் பாதையையும், NO' சூரியப் பாதையையும் குறிக்கட்டும். N ஒரு சந்திரக்கணு. வெட்டுமுகம் QRன் மையம் O'. வெட்டுமுகத்தின் அரைக்கோண விட்டம் β. சந்திரன் ஒரு நிலையில் வெட்டுமுகத்தைத் தொட்டுக்கொண்டிருப்பதைப் படம் காட்டுகிறது. $O'M = L$ என்பது இச் சமயத்திலுள்ள சந்திரனின் அகலாங்கினைக் குறிக்கிறது.

$MNO' = i$ என்பது சூரியன் பாதையுடன் சந்திரன் பாதைச் சாய்வைக் குறிக்கிறது.

இந்நிலையில் சந்திரனால் சூரியன் மறைக்கப்பட ஆரம்பிக்கும் கோள முக்கோணம் $NO'M$ல்,

$$\sin NO' = \tan L \cot i$$

Lன் மீச்சிறு மதிப்பு

$= [(s + p' - p) + s']$ன் மீச்சிறு மதிப்பு

$= 15'{\cdot}8 + 52'{\cdot}5 - 0'{\cdot}15 + 14'{\cdot}7 = 1°22'85$

i மீப்பெரு மதிப்பு $= 5° 18'{\cdot}6$

$\therefore NO'$ன் மீச்சிறு மதிப்பு $= \sin^{-1}[\tan L \cot i] = 15° 29'$

Lன் மீப்பெரு மதிப்பு

$= [s+p'-p) + s']$ன் மீப்பெரு மதிப்பு

$= [16'{\cdot}3 + 61'{\cdot}5 - 0'{\cdot}15 + 16'{\cdot}8] = 1°34'{\cdot}45$

iன் மீச்சிறு மதிப்பு $= 4° 58'{\cdot}8$

$\therefore NO'$ன் மீப்பெரு மதிப்பு

$= \sin^{-1}[\tan L \cot i] = 18°19'$

எனவே, அமாவாசையன்று சூரியன் தனக்கு அண்மையான கணுவிலிருந்து 15° 29′ அல்லது அதற்குக் குறைவான தூரத்தில் இருந்தால் சூரியக் கிரகணம் உறுதி. 15°29′க்கும் 18°19′க்கும் இடைப்பட்டிருப்பின் சூரியக் கிரகணம் உறுதியன்று; அதாவது ஏற்படினும் ஏற்படலாம்; ஏற்படாது போயினும் போகலாம். 18°19′க்கு மேற்படின் சூரியக் கிரகணம் நிச்சயம் ஏற்படாது.

இந்தக் கணுத்தூரங்கள் 15°29′, 18°19′ என்பன சூரியக் கிரகண வரம்புகள் (solar ecliptic limits) எனப்படும்.

17. ராகு, கேதுவின் பின்னடைவுகள் அல்லது வக்கிர கதி (Retrograde motion of the nodes)

வானக் கோளத்தில் இந்தப் புள்ளிகள் மேற்காக நகருவதாகத் தோன்றுகிறது. இப்புள்ளிகளோ விண்மீன்களல்ல. இவைகளின் நிலை மாறுவதை எப்படி அறிவது. சந்திரன் பூமி சுற்றும் தளத்தில் வரும்போது அது ராகு அல்லது கேதுப் புள்ளியில் வருகிறது.

அன்று சந்திரனின் பிறை நிறைந்திருக்கத் தேவையில்லை. அவ்வாறு வரும்போது ஞாயிற்றுப்பாதை வட்டத்தில் அந்த இடத்தில் உள்ள விண்மீன்கள் மறைபடுகின்றன. இதனால் ராகு, கேதுக்களின் நிலை இந்த விண்மீன்களால் நிச்சயிக்கப்படு கின்றது. இவ்வாறு ஞாயிற்றுப்பாதை வட்டத்தில் விண்மீன் கிரகணம் ஏற்படுவதால், அதற்கு மறைவு வட்டம் எனப் பொருள் படும் எக்லிப்டிக் (Ecliptic) எனும் பெயரை வைத்தனர் பண்டை மேனாட்டு அறிஞர்கள்.

18. கணுக்களின் சூரியவழிக் காலம் (The Synodic period of the nodes of the lunar orbit)

சந்திரன் பாதையில் உள்ள ஒரு கணுவின் வழியே சூரியன் அடுத்தடுத்து செல்வதற்குரிய கால இடைவெளி கணுக்களின் சூரிய வழிக் காலம் எனப்படும்.

சூரியன் தினசரி இயக்கத்தின் காரணமாக முந்திச் செல்வது

$$= \frac{360^\circ}{365\frac{1}{4}} = 59'\ 8''$$

சந்திரப் பாதையின் கணுக்களின் பின்னடைவு ஆண்டிற்கு 19° 21′

ஆகவே சந்திரப் பாதையின் கணுக்களின் தினசரிப் பின்னடைவு

$$= \frac{19^\circ\ 21'}{365\frac{1}{4}} = 3'\ 11''$$

ஆகவே ஒரு கணுவை யொட்டி சூரியனின் தினசரி இயக்கம்

$$= 59'\ 8'' + 3'\ 11'' = 1^\circ\ 2'\ 19''$$

∴ சூரியன் ஒரு கணுவை யொட்டி ஒரு முழுச் சுற்றுச் சுற்ற எடுத்துக்கொள்ளும் காலம்

$$= \frac{360^\circ}{1^\circ\ 2'\ 19''} = 346{\cdot}6 \text{ நாள்கள்}$$

(அ-து) ராகு, கேதுக்கள் சூரியனிருக்கும் திசையிலிருந்து மறுபடியும் அதே திசைக்கு வர 346·62 நாளாகும். இந்தக் காலத்திற்கு ராகு கேது வருடம் (Draconitic year) எனப்படும்.

19. சூரிய, சந்திரக் கிரகணங்களின் எண்ணிக்கை

சூரியன் ஒரு கணுவைக் கடக்கும்போதோ அல்லது ஓராண்டுக் காலத்திலோ எத்தனைக் கிரகணங்கள் ஏற்படலாம் என்பதை நாம் கணக்கிட முடியும். இந்த எண்ணிக்கையைக் காண சில குறிப்புகள் தேவைப்படுகின்றன. அவை கீழே தரப்பட்டுள்ளன.

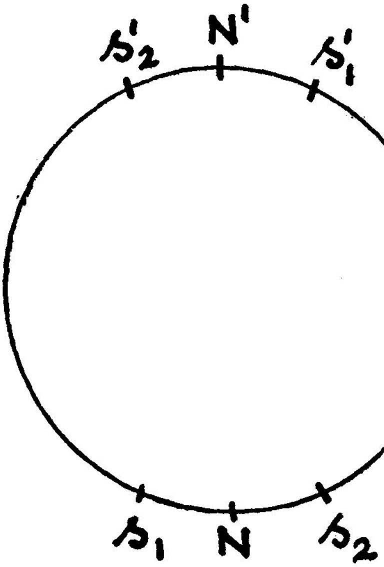
(1)	ஒரு திங்கட்காலம் (பௌர்ணமி முதல் அடுத்த பௌர்ணமி வரை)	29·5 நாள்கள்
(2)	6 திங்கட் காலம்	177 நாள்கள்
(3)	கணுக்களின் ஞாயிற்றுவழிக் கால வட்டம்	346·62 நாள்கள்
(4)	சூரியன் ஒரு கணுவிலிருந்து மற்றொரு கணுவிற்குச் செல்ல ஆகும் காலம்	173·3 நாள்கள்
	கணுக்களை யொட்டி சூரியனின் சார் வேகம் நாளொன்றுக்கு	$1° 2' 19'' = 62' 19''$
(5)	கணுக்களை யொட்டி சூரியனின் சார் வேகம் ஒரு திங்கட்போழ்தில்	$30°·63$
(6)	சந்திரக் கிரகணத்திற்கு	
	மீச்சிறு கணுத்தூரம்	$9°·5$
	மீப்பெரு கணுத்தூரம்	$12°·5$
(7)	சூரியக் கிரகணத்திற்கு	
	மீச்சிறு கணுத்தூரம்	$15°·5$
	மீப்பெரு கணுத்தூரம்	$18°·5$

20. ஒரு கணுவிற்கு அருகில் ஏற்படும் கிரகணங்களின் மீச்சிறு எண்ணிக்கை

N, N' என்பன சூரியப் பாதையில் இரு சந்திரக் கணுக்கள். அப்பாதையில் சூரியக் கிரகண மீச்சிறு வரம்பான $15°·5$ அளவு கொண்டு $s_1 N = N s_2 = s_1' N' = N' s_2' = 15°·5$ இருக்குமாறு s_1, s_2, s_1', s_2' என்ற புள்ளிகளைக் குறிக்கவும்.

எனவே, $s_1 s_2 = s_1' s_2' = 31°$ ஆகும். இத்தூரத்தைச் சூரியன் கடந்து செல்ல ஒரு திங்களுக்குச் சற்று அதிகமாகும். ஆகவே இக்கால இடைவெளியில் ஓர் அமாவாசை கட்டாயம் ஏற்படும். அந்த அமாவசைத் தினத்தன்று சூரியன் மீச்சிறு

சூரியக் கிரகண வரம்பிற்குள் இருக்குமாதலால், அக்கணுவின் அண்மையில் ஒரு சூரியக் கிரகணம் ஏற்படுவது உறுதி. அவ்வாறே மற்றக் கணுவின் அண்மையிலும் மற்றொரு சூரியக் கிரகணம் ஏற்படுவது உறுதி.



படம் 27-14

சந்திரன் மறைப்பு மீச்சிறு வரம்பு 9°·5. எனவே ஒரு கணுவை மையமாகக் கொண்டு 19° கடக்கும் காலம் ஒரு திங்களைவிட மிகக் குறைவானதாகும். இக் கால இடைவெளியில் ஒரு பௌர்ணமி ஏற்படவேண்டுமென்ற கட்டாயம் இல்லை. எனவே, இவ்விடைவெளியில் ஒரு சந்திரக் கிரகணம் ஏற்படும் என்ற உறுதியில்லை. அவ்வாறே மற்றக் கணுவின் அண்மையிலும் சந்திரக் கிரகணம் கட்டாயம் ஏற்படவேண்டும் என்ற உறுதியில்லை. ஆகவே ஓராண்டில், சூரியன் ஒவ்வொரு கணுவையும் கடக்கும்போது ஒரு சூரியக்கிரகணம் என்ற வீதத்தில், குறைந்தது இரு சூரியக் கிரகணங்களேனும் கட்டாயம் ஓராண்டில் ஏற்படும்.

21. ஒரு கணுவிற்கு அருகில் ஏற்படும் கிரகணங்களின் மீப்பெரு எண்ணிக்கை (maximum number of eclipses at a node)

படத்தில் Ns_1, Ns_2, $N's'_1$, $N's'_0$ என்பன சூரியக் கிரகணத்திற்குரிய மீப்பெரு வரம்பான 18°·5 ஐ குறிக்கட்டும்.

வில் $s_1 s_2$ = 37°. இப்பொழுது சூரியன், சந்திரக் கணுக்களை யொட்டி ஒரு திங்கட்காலத்தில் செல்லும் தூரம் = 30°·63. எனவே சூரியன் s_1 லிருந்து s_2 செல்ல ஆகும் நேரம் ஒரு திங்களுக்கு மேல் 6 நாட்களாகும்.

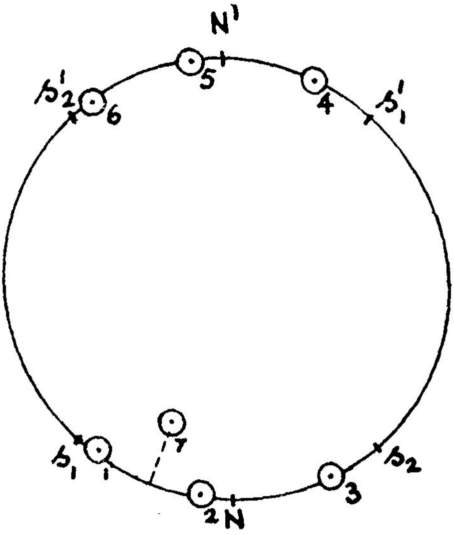
இப்போது சூரியன் N என்னும் கணு வழியே செல்வதற்கு 2 தினங்களுக்கு முன் ஒரு முழுமதி தினம் எனக் கொள்வோம். அப்போது சூரியன் தனது அண்மைக் கணுவிலிருந்து சிறிய தூர மாகிய 2° அளவில் இருப்பான். ஆகவே ஒரு சந்திரக் கிரகணம் நிகழும். இதற்கு முந்தைய அமாவாசை தினத்தன்று கணுவி லிருந்து சூரியனின் தூரம் $15\frac{1}{3}° + 2°$ ஆகும். இதற்கு அடுத்த அமாவாசையன்று கணுவிலிருந்து சூரியனின் தூரம் $15\frac{1}{3}° - 2°$ ஆகும். இத் தூரங்கள் எல்லாம் சூரியக் கிரகணம் ஏற்படுவதற்குத் தேவையான மேல் வரம்பிற்கு உட்பட்டிருப்பதால், இந்த ஒவ் வோர் அமாவாசை தினத்தன்றும் ஒரு சூரியக் கிரகணம் ஏற்பட லாம். ஆகவே ஒவ்வொரு கணுவிலும் 3 கிரகணங்கள் ஏற்பட லாம். இவற்றுள் ஒவ்வோர் கணுவிலும், ஒரு சூரியக் கிரகணம் திண்ணம். அல்லது ஒரு சூரியக் கிரகணம், ஒரு சந்திரக் கிரகணம் நிகழலாம்; அல்லது இரு சூரியக் கிரகணங்களும், ஒரு சந்திரக் கிரகணமும் நிகழலாம். 3 கிரகணங்கள் ஏற்பட்டால், நடுவில் உள்ளது சந்திரக் கிரகணம் ஆகும்.

22. கடைசியாக, ஓராண்டுக் காலத்தில் நிகழக்கூடிய கிரகணங் களின் மீப்பெரு எண்ணிக்கை காண்போம்

N, N' சூரியப் பாதையில் இரு கணுக்கள். (படம் 27-15) அப் பாதையில் சூரியக் கிரகண மேல் வரம்பான 18°·5 அளவு எடுத்து $Ns_1 = Ns_2 = Ns_1' = Ns_2' = 18{\cdot}5$ இருக்குமாறு s_1, s_2, s_1', s_2' என்ற புள்ளிகளைக் குறிக்கவும்.

சூரியன் கணு Nக்குச் செல்வதற்கு இரண்டு நாள்கள் முன்பு உள்ள நிலையை $\odot_2$ எனக்குறிப்போம். இச்சமயம் முழுமதியம் எனக் கொண்டால், அக்கணுவிற்கு அருகில் மூன்று கிரகணங்கள் ஏற்பட வாய்ப்புகள் உண்டென அறிந்தோம். இதற்கு முந்தைய அமாவாசை தினத்தன்றும், பிந்திய அமாவாசை தினத்தன்றும் சூரியனின் நிலைகள் $\odot_1$ $\odot_3$ எனின், $\odot_1\odot_2 = \odot_2\odot_3 = 15\frac{1}{3}°$ $\odot_2$ நிலையில் ஒரு சந்திரக் கிரகணம், $\odot_1$ல் ஒரு சூரியக் கிரகணம் $\odot_3$ல் ஒரு சூரியக் கிரகணம் நிகழலாம். இனி சூரியனுக்கு N என்னும் கணுவிலிருந்து N' என்னும் கணுவிற்குச் செல்ல 173 நாட்களாகும். N'க்கு அருகில் $N'\odot_5 = 2°$ ஆக $\odot_5$ஐக்

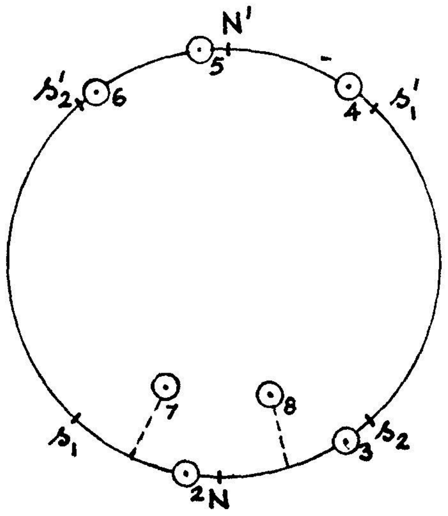
குறிக்கவும். சூரியன் $\odot_2$ என்ற நிலையில் இருந்து $\odot_5$க்கு வர $2+173+2=177$ நாட்களாகும். 6 திங்கட் காலமும் சற்றேறக் குறைய 177 நாட்களாதலால், சூரியன் $\odot_5$ வரும்போது முழு மதியமாக இருக்கும். $\odot_5$க்கு முன்னும், பின்னும்' நிகழும் அமா வாசைக்குரிய இடங்களை $\odot_4$, $\odot_6$ எனக் குறிக்கவும். இப்போது $\odot_5$ல் ஒரு சந்திரக் கிரகணமும், $\odot_4$, $\odot_6$ல் இரு சூரியக் கிரகணங்களும் நிகழலாம்.



படம் 27-15

இப்பொழுது கீழ்வரும் இருவகைகளை ஆராய்வோம். (i) ஆண்டு ஆரம்பத்தில் $\odot_1$ல் ஒரு சூரியக் கிரகணம் நிகழ்வதாகக் கொள்வோம். சூரியன் திரும்பி $\odot_1$க்கு வரும்போது 346·6 கழிந் திருக்கும். இக்கால இடைவெளியில் 6 கிரகணங்கள் நிகழ்ந் திருக்கக்கூடும்: ஆனால் ஆண்டு இன்னும் முடிவடையவில்லை. 12 திங்கட்காலம் 354·4 நாட்களாகும். ஆகவே சூரியன் $\odot_1$ என்ற நிலைக்கு வந்த பிறகு மேலும் 8 நாட்களில் போகும் நிலை $\odot_7$ எனக்குறிப்பிட்டால், $\odot_1\odot_7 = 8°$ ஆகும். இப்பொழுது 12 திங்கட் காலம் கழித்து $\odot_7$க்கு சூரியன் வருவதால், இப்பொழுது அமா வாசையாக இருக்கும். மேலும் $N\odot_7 = N\odot_1 - \odot_7\odot_1 = 17{\cdot}3 - 8° = 9°{\cdot}3$. எனவே $\odot_7$ல் ஒரு சூரியக் கிரகணம் நிகழும். இதற்கு அடுத்த பௌர்ணமியன்று, நாம் எடுத்துக்கொண்ட வருடம் முடிவடைந்துவிடும். ஆகவே, நாம் எடுத்துக்கொள்ளும்

ஆண்டு ஒரு சூரியக் கிரகணத்தோடு ஆரம்பித்தால், அவ்வாண்டில் ஐந்து சூரியக் கிரகணங்களும், இரண்டு சந்திரக் கிரகணங்களும், ஏற்படலாம்.



படம் 27-16

(ii) அப்படியல்லாமல், $\odot_2$ல் ஒரு சந்திரக் கிரகணத்துடன் ஆண்டு தொடங்குகிறது எனக்கொள்வோம் (இவ்வகையில், $\odot_1$ல் நிகழக்கூடிய சூரியக் கிரகணம் முன் ஆண்டைச் சேர்ந்தது எனக் கணக்கிடப்படும்). $\odot_3$ல் ஒரு கிரகணமும், மேலும், $\odot_4$ $\odot_5$ $\odot_6$ல் மூன்று கிரகணங்களும் நிகழலாம். 346·6 நாட்கள் கழித்துச் சூரியன் $\odot_2$க்கு வருகிறான். 8 நாட்கள் கழித்துச் சூரியனின் நிலை $\odot_8$ எனக் குறிப்போம். அப்பொழுது முழுமதியமாகும்; $\odot_2\,\odot_8 = 8^\circ$ ஆகும். ஆகவே $\odot_8$ல் ஒரு சந்திரக் கிரகணம் நிகழலாம். இதற்கு முந்திய அமாவாசையன்று சூரியனின் நிலை $\odot_7$ எனின், $\odot_8\,\odot_7 = 15\frac{1}{3}^\circ$ ஆகும். ஆகவே $\odot_2\,\odot_7 = \odot_8\,\odot_7 - \odot_8\,\odot_2 = 15^\circ{\cdot}3 - 8^\circ = 7^\circ{\cdot}3$

$$\therefore \quad N\,\odot_7 = 9^\circ{\cdot}3$$

எனவே $\odot_7$ல் ஒரு சூரியக் கிரகணம் நிகழ்ந்திருக்கும் கதிரவன் $\odot_8$லிருந்து அடுத்த அமாவாசைக்குப் போவதற்கு முன் ஆண்டு முடிந்துபோயிருக்கும்.

ஆகவே அவ்வாண்டில் 3 சந்திரக் கிரகணங்களும் 4 சூரியக் கிரகணங்களும் நிகழலாம். ஆகவே ஓர் ஆண்டில் நிகழக்கூடிய கிரகணங்களின் மீப்பெரு எண்ணிக்கை 7. இவற்றில் 5 சூரியக் கிரகணங்களாகவும், 2 சந்திரக் கிரகணங்களாகவும் இருக்கலாம். அல்லது, 4 சூரியக் கிரகணங்களாகவும், 3 சந்திரக் கிரகணங்களாகவும் இருக்கலாம்.

23. சால்டிய நாட்டவரின் காலவட்டம் 'சாராஸ்' (The Saros of the Chaldeans)

சூரியனும், சந்திரனும் ஒரே திசையிலிருந்து மறுபடியும் அதே திசையில் தோற்றுவதற்கு ஆகுங்காலம் ஒரு சந்திர மாதம் அல்லது ஒரு திங்கள் (அ-து) 29½ நாட்கள்.

சூரியன் ஒரு சந்திரன் கணுவிலிருந்து புறப்பட்டு மறுபடியும் அதே கணுவினை அடைய எடுத்துக்கொள்ளும் காலம் ஒரு ராகு வருடம் = 346·62 நாட்கள்.

சூரியன், சந்திரன், ராகு அல்லது கேது இவை ஒரே திசையில் இருந்து மறுபடியும் அவ்வாறே வருவதற்கு ஆகும் காலம் என்ன என்பதைக் காணலாம்.

19 ராகு வருடம் = 6585·78 நாள்கள்

223 சந்திர மாதங்கள் = 6585·32 நாள்கள்

ஆகவே 6585 நாட்களில் அதாவது 18 வருடம் 11 நாட்களில் (5 லீப் ஆண்டுகள் இடையில் வந்தால் 10 நாட்களில்) கணுக்கள் பின்னணியில் பூமியை யொட்டிக் கதிரவனும் சந்திரனும் திரும்பத் திரும்ப அதே இடங்களில் வந்தமையும். ஆகவே 6585 நாள்களுக்கு முன் எத்தகைய கிரகணங்கள் ஏற்பட்டதோ அதே கிரகணங்கள் அதே அளவில் 6585 நாள்களுக்குப்பின் அப்படியே மாற்றமில்லாது நிகழும். இந்தக் கால வட்டத்தை முதன் முதலாகக் கண்டறிந்தவர்கள் சால்டியர்கள் (Chaldeans). ஆகவே இந்த 'மறைவு திரும்புங்காலம்' சால்டியர்களின் சாராஸ் (Saros) எனக் கூறப்படுகிறது.

சராசரியில் ஒரு சாராஸில் (43 சூரிய, 43 சந்திர) 86 கிரகணங்கள் நிகழும்.

20ஆம் நூற்றாண்டில் மொத்தம் ஐந்து முழு சூரியக் கிரகணங்கள் நம் நாட்டில் தென்படும் என விஞ்ஞானிகள் கணித்துள்ளனர். அவை முறையே 1914, 1954, 1980, 1995, 1999ஆம் ஆண்டுகளில் நிகழும் எனக் கணக்கிட்டனர். இவற்றில் 1914, 1954ஆம் ஆண்டுகளில் நிகழ்ந்த சூரியக் கிரகணங்களி லிருந்து அதிக விவரங்கள் சேகரிக்க முடியவில்லை. ஏனெனில் இவ்விரு கிரகணங்களும் அஸ்தமன நேரத்தில் நிகழ்ந்தன.

16—2—1980ல் நிகழ்ந்த சூரியக் கிரகணம்தான் இதுவரை இந்நூற்றாண்டில் நிகழ்ந்த முழு சூரியக் கிரகணங்களில் அதிக நேரம் நீடித்த கிரகணமாகும் (மூன்று நிமிடங்கள்). மேலும் இச் சூரியக் கிரகணம் சூரியன் தனது உச்ச நிலையில் இருக்கும்போது நிகழ்ந்துள்ளதால், சூரியன் சம்பந்தமான பல முக்கிய தகவல் களை விஞ்ஞானிகளால் சேகரிக்க முடிந்தது. சுமார் 100 விஞ் ஞான கோஷ்டிகள் கிரகணத்தின் பல்வேறு அம்சங்களைப் பற்றி ஆராய்ச்சி நடத்தியுள்ளனர்.

முழு சூரியக் கிரகணம் தோன்றுவது அபூர்வம் அல்ல. ஆனால் இவை பெரும்பாலும் பாலைவனங்களிலும், கடல் பிரதேசங்களிலும், காடுகளிலும் தோன்றுகின்றன.

அதிர்ஷ்டவசமாக 16—2—80ல் தோன்றிய சூரியக் கிரகணத் தின் பாதை மக்கள் மிக நெருக்கமாக வசிக்கும் பகுதிகள் வழியே அமைந்தது. அதனால் மக்கள் அதன் அபூர்வக் காட்சியைக் கண்டு களிக்கும் அரிய வாய்ப்பு ஏற்பட்டது.

இந்தியாவின் மேற்குக் கடற்கரையில் உள்ள கார்வாரிலிருந்து கிழக்குக் கடற்கரையில் உள்ள பூரி வரை சுமார் 1500 கி.மீ. சூரியப் பாதையில் சந்திரன் சூரியனை முழுமையாக மறைத்துப் பகலை இரவாக மாற்றியது.

சென்னையில் சரியாகப் பிற்பகல் 2-29க்கு சூரியக் கிரகணம் தொடங்கியது. மிக அதிக அளவு (90 சதவீதம்) சூரியக் கிரகணம் ஏற்பட்டது. கிரகணம் 4-55க்கு முடிந்தது.

1995ஆம் ஆண்டு நிகழப்போகும் முழுச் சூரியக் கிரகணம் ஒரு நிமிட நேரத்திற்குச் சற்று அதிகமாக நீடிக்கும். 1999ஆம் ஆண்டு நிகழவிருக்கும் முழுச் சூரியக் கிரகணம் ஒரு நிமிட நேரத் திற்குச் சற்றுக் குறைவாகவே நீடிக்கும்.

முழுச் சூரியக் கிரகணம் அதிகபட்சம் ஏழரை நிமிடங்கள் இருக்கும். இத்தகைய ஒரு சூரியக் கிரகணம் கி.பி. 2168ஆம் ஆண்டு ஜூலை மாதம் 5ஆம் தேதி இந்தியாவில் தோன்றும். அப்போது சூரியன் ஏழரை நிமிட நேரம் முழுவதும் இருட் டடைப்பு செய்யப்பட்டுவிடும். மனித வரலாற்றிலேயே இது தான் மிக நீண்ட கிரகணமாக இருக்கும்.

பூமியில் கிரகணத்தின் நிழல் பரவும் வேகம் மணிக்கு 1060 மைல். எனவே வேகமாக பறக்கக்கூடிய விமானத்தில் பறந்து நிழலைத் துரத்தலாம். இப்படி 1973 ஜூன் 30ஆம் தேதியிலும், 1979 பிப்ரவரி 6லும் அமெரிக்கர்கள் ‘கன்கார்டு’ விமானத்தில் பறந்து 80 நிமிட நேரம் பட்டப் பகலில் நள்ளிரவை அனுபவித் தார்கள்.

சூரியக் கிரகணங்கள் முழுச் சந்திரக் கிரகணங்களைக் காட்டிலும் அதிக அளவில் தோன்றும். ஆனால், நம்மைப் பொறுத்த வரையில் அதிக அளவு முழுச் சந்திரக் கிரகணத்தைத் தான் பார்த்ததாக நினைவு கூறுகிறோம். முழுச் சூரியக் கிரகணம் தோன்றும்போதெல்லாம் முழுச் சந்திரக் கிரகணத்தைப்போல், பூமி முழுவதும் தென்படுவதில்லை. ஏறத்தாழ பூமியின் ஏதாவது ஒரு பகுதியில் சுமார் 1½ வருட காலத்திற்கு ஒரு முறை முழுச் சூரியக் கிரகணம் தென்படுவதாகக் கூறலாம். பூமியின் ஒரு சில இடங்களிலேயே முழுச் சூரியக் கிரகணத்தின்போது நிழல் படர்வதால், பூமியில் ஒரேயிடத்தில் முழுச் சூரியக் கிரகணம் மறுபடியும் தோன்ற 360 ஆண்டுகளாகும்! ஒருவர் தன் வாழ் நாளில் இருமுறை ஒரே இடத்தில் முழுச் சூரியக் கிரகணத்தைக் காண்பது மிக அபூர்வம்.

கிரகணங்களின் விளைவுகள் பற்றி பலதரப்பான மூட நம்பிக்கைகள் மக்களிடையே முற்காலத்தில் நிலவி வந்தன. இன்னமும் நிலவி வருகின்றன.

பயிற்சி

1. ஓராண்டில் மார்ச் மாதம் முழுமதிய நாளில் சூரியன் ஒரு கணுவிற்குப் பின்தள்ளி 9° தூரத்தில் இருந்தது. அந்த ஆண்டில், அதாவது டிசெம்பர் முடிய எத்தனை சூரிய, சந்திரக் கிரகணங்கள் ஏற்படலாம்.

   [2 சூரிய, 2 சந்திரக் கிரகணங்கள்]

2. ஒரு லீப் வருடத்தில் ஜுன் மாதம் 27ஆம் தேதி சூரியன் ஒரு கணுவிற்கு 12° பின்தள்ளி இருந்தது. அப்போது அமாவாசை தினம். அந்த ஆண்டில் ஏற்படும் கிரகணங்களின் எண்ணிக்கையைக் காண்க.

   [3 சூரிய, 2 சந்திரக் கிரகணங்கள் ; மேலும் ஒரு சூரியக் கிரகணம் நிகழலாம்]

3. முழுமதிய தினத்தன்று, சந்திரக் கணுவிலிருந்து சூரியன் 9° தூரத்தில் இருப்பின் ஒரு சந்திரக் கிரகணம் நிகழும் எனக் காட்டுக.

4. மார்ச் 15 ஆம் நாள் முழுமதிய நாள். அன்று கதிரவன் ஒரு கணுவிற்கு 8° பின்தள்ளியிருக்கிறது. அவ்வாண்டில் எத்தனை கிரகணங்கள் ஏற்படலாம், அவற்றின் தேதிகளையும் காண்க.

   [4 கிரகணங்கள்: மார்ச் 15ஆம் தேதி சந்திரக் கிரகணம்; மார்ச் 30ஆம் தேதி சூரியக் கிரகணம்; செப் 8 சந்திரக் கிரகணம்; செப் 23 சூரியக் கிரகணம்]

5. சில சமயங்களில் ஒரே மாதத்தில் 3 கிரகணங்கள் நிகழ்கின்றன. இதை விளக்கவும்

6. கீழ்க் காண்பனவற்றிற்குக் காரணம் கூறுக :

   (i) ஒரு சூரியக் கிரகணத்தின்போது சூரியனின் மேற்குப் பகுதி முதலில் மறைகிறது. ஆனால் சந்திரக் கிரகணத்தின்போது, சந்திரனின் கிழக்குப் பகுதி முதலில் மறைகிறது.

   (ii) பூரண சந்திரக் கிரகணத்தின் போதும், சந்திரன் மங்கலாகக் காணப்படுகிறது.

(iii) 18 ஆண்டுகள் 11 நாள்கள் (அல்லது 10 நாட்கள் காலவட்டத்தில் கிரகணங்கள் மாற்றமில்லா; ஒரே முறையில் அப்படியே நிகழ்கின்றன.

(iv) ஒவ்வோர் ஆண்டும் ஏதோ ஒருவகை இரண்டு சூரியக் கிரகணங்கள் நிகழும்.

(v) ஒவ்வோர் அமாவாசையன்றும் ஒரு சூரியக் கிரகணம் நிகழ்வதில்லை. ஒவ்வோர் பௌர்ணமியன்றும் ஒரு சந்திரக் கிரகணம் நிகழ்வதில்லை.

(vi) சந்திரக் கிரகணங்களைவிடச் சூரியக் கிரகணங்களே அதிக அளவில் நிகழ்கின்றன.

(vii) ஒரு குறிப்பிட்ட கால அளவில் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் சூரியக் கிரகணங்களைவிடச் சந்திரக் கிரகணங்களே காணப்படும்.

(viii) சூரியக் கிரகணங்கள் பார்சுவ கிரகணமாகவோ பூரண கிரகணமாகவோ அல்லது கங்கண கிரகணமாகவோ காணப்படுகின்றன. ஆனால் சந்திரக் கிரகணங்கள் பார்சுவ கிரகணமாகவோ அல்லது பூரண கிரகணமாகவோதான் காணப்படும்.

பின்னிணைப்பு

முக்கிய விவரங்கள்

சந்திரன்

பூமியிலிருந்து தூரம் 2,38,862 மைல்கள்
(பூமியின் ஆரத்தைப்போல் 60·27 மடங்காகும்)

சந்திரனின் விட்டம் 2162 மைல்கள் = (3478 கி.மீ.)

அடர்த்தி (density) 3·4 (தண்ணீர் = 1)

நிறை பூமியின் நிறையில் $\frac{1}{81\frac{1}{2}}$ பங்காகும்
= ·0123 பாகம்.

கதிரவனின் பாதைக்குச் சந்திரனின் பாதைச் சாய்வு 5° 8′ 40″.

பாதையின் குவிமையப் பிறழ்வு (eccentricity of the orbit) $\frac{1}{18}$

பூமியைச் சுற்றி ஓடிவரும் வேகம்—விநாடிக்கு ·63 மைல்.

பூமியைச் சுற்றி வருவதற்கு உண்டான காலம் 27·322 நாள்கள்.

சூரியன்

ஆரம் 4,33,300 மைல்கள்
(பூமியின் ஆரத்தைப்போல் 109·30 மடங்காகும்)

நிறை $1{\cdot}95 \times 10^{27}$ மெட்ரிக் டன்கள்
(பூமியின் நிறையைப்போல் 333333 மடங்காகும்)

தன்னைத் தானே சுற்று காலம் 25 நாள்கள் 5 மணி 37 நிமிடங்கள்

சராசரி அடர்த்தி 1·41 கி./கன. செ.மீ.
(பூமியின் அடர்த்தியில் $\frac{1}{4}$ பங்காகும்)

வெப்ப நிலை 6000° K

பூமியிலிருந்து தூரம் 9,30,05,000 மைல் அல்லது 149,500,000 கி.மீ.

மேற்புற ஈர்ப்பு 27·91 g (g = பூமியின் புவியீர்ப்பு)

பூமி

பூமிக்கும், சூரியனுக்கும் இடையே உள்ள தூரம் 9,30,05,000 மைல்கள்

பூமியின் விட்டம்

7926·7 மைல்கள்—பூமத்திய ரேகை வாட்டத்தில்
7900 மைல்கள் துருவங்கள் வழி

சூரியனைச் சுற்றி ஓடிவரும் வேகம்
விநாடிக்கு 18·5 மைல்

சூரியனைச் சுற்றிவர எடுத்துக்கொள்ளும் காலம்
365·256 நாள்கள்

தன்னைத்தானே சுற்றி வருவதற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் காலம்

23 மணி 56 நிமிடம்

பூமியின் பாதையின் மையத் தொலைத்தகவு

·016 அல்லது $\frac{1}{60}$ (தோராயமாக)

ஆல்பிடோ அல்லது ஒளி திருப்புத் தரம் ·45

நிறை

$6·6 \times 10^{21}$ மெட்ரிக் டன்கள்

சராசரி அடர்த்தி
5·526/கிராம்/கன செ.மீ.

மேற்புறத்தில் பொருட்கவர்ச்சி
981·282 செமி/செ^{2} அல்லது 32·2 அடி/செ^{2}

சராசரி வெப்பநிலை
30°C—35°C

பூமியிலிருந்து ஈர்ப்பு சக்தியை மீறிச் செல்லத் தேவையான வேகம்

விநாடிக்கு 7 மைல்

வயது 3000 மில்லியன் ஆண்டுகள்

சில புள்ளி விவரங்கள்

1. வான இயல் அலகு (Astronomical Unit) பூமியிலிருந்து சூரியனின் தூரம்—9,30,05,000 மைல்

2. ஓர் ஒளி ஆண்டு தூரம்

   $365 \times 24 \times 60 \times 60 \times 1{,}86{,}000$ மைல்
   $= 588 \times 10^{10}$ மைல்

3. 1 பார்செக் (1 parsec)
   $= 1916 \times 10^{10}$ மைல்

4. நாள் :

   ஒரு மீன்வழி நாள் —23ம 56நி 4செ

5. மாதம் : சாந்திர மாதம் (Synodic month)

   29 நாள் 12 மணி 44 செ

   மீன்வழி மாதம் (Siderial month)

   27 நாள் 7 மணி 43நி

6. ஆண்டு : 1 அயன வருடம் அல்லது பருவகால ஆண்டு

   365·2422 சராசரிக் கதிரவன் நாள்கள்

   1 மீன்வழி ஆண்டு

   365·2564 சராசரிக் கதிரவன் நாள்கள்

   1 அண்மை நிலை ஆண்டு

   365·2596 சராசரிக் கதிரவன் நாள்கள்

7. கதிரவனின் தொடுவானப் புவிமையப் பிழை = 9″

   கதிரவனின் கோண அரை விட்டம் = 16′ 1″

   கதிரவனின் பாதைச் சாய்வு (நடுவரைக்கு) = 23° 26′ 45″

   கதிரவனின் பாதையின் குவிமையப் பிறழ்ச்சி = $\frac{1}{60}$

8. சந்திரனின் தொடுவானப் புவிமையப் பிழை = 57′

   சந்திரனின் கோண அரை விட்டம் = 15′·5

   சந்திரன் பாதையின் சாய்வு (சூரியப் பாதைக்கு) 5° 9,

   சந்திரன் பாதையின் குவிமையப் பிறழ்ச்சி = $\frac{1}{18}$

மாலுமிப் பஞ்சாங்கம்

மாலுமிப் பஞ்சாங்கம் கீழ்வரும் விவரங்களைத் தருகிறது

1. காலக் குறைநிறைச் சமன்பாடு — அதன் மணிக்கு மணி மாறுபாடு.

2. மீன்வழி நேரத்தைச் சராசரிக் கதிரவன்வழி நேரமாகவும் இதற்கு மறுதலை மாற்றத்தைச் செய்வதற்கும் தேவையான அட்டவணைகள்.

3. வெவ்வேறு அகலாங்குகளில், சூரிய உதயம், அஸ்தமனம், சந்திரோதயம், சந்திர அஸ்தமனம் ஆகியவைகளின் நேரங்கள்.

4. மேட முதற் புள்ளி, சூரியன், சந்திரன், மற்றக் கோள்கள் கிரீன்விச்சில் உச்சி கடக்கும் நேரங்கள்.

5. சந்திரன், கோள்கள், அவற்றின் உபகோள்கள் ஆகியவற்றின் பிறைகளை கிரீன்விச் நள்ளிரவு நேரத்திற்குக் கணக்கிட்டுக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

6. சூரியன், சந்திரன், கோள்கள், அவற்றின் உபகோள்கள் ஆகியவற்றின் வல ஏற்றங்கள், நடுவரை விலக்கங்கள் தரப்பட்டுள்ளன.

7. கிரீன்விச் நள்ளிரவு நேரத்திற்குரிய, சூரிய சந்திரர்களின் விண் நெட்டாங்குகளும், அகலாங்குகளும், அவற்றில் பின்னகர்ச்சி, அச்சசைவு காரணமாக ஏற்படும் மாறுதல்களும் தரப்பட்டுள்ளன.

8. கிரகணங்களின் தேதிகள், கால அளவு அவை தோற்றக் கூடிய முக்கியமான இடங்கள்.

9. சுமார் ஆயிரம் விண்மீன்களின் வல ஏற்றமும் நடுவரை விலக்கமும் தரப்பட்டுள்ளன.

10. மேலே குறிக்கப்பட்ட விண்மீன்களின் தோற்ற ஒளித்தரமும் இன்னும் மேலும் பல விவரங்களும் தரப்பட்டுள்ளன.

கோள்களைப் பற்றிய விவரங்கள்

கோளின் பெயர் (1)	கோளுக்கும் சூரியனுக்கும் இடையே உள்ள தூரம் (2)	கோளுக்கும் சூரியனுக்கு இடையே உள்ள தூரம் வான வியல் அலகில் (3)	கோளின் விட்டம் (4)	கோள் சூரியனைச் சுற்றி ஓடி வரும் வேகத்தின் மதிப்பு (5)	கோள் சூரியனைச் சுற்றி வருவதற்கு உண்டான காலம் மீன்வழிச் சுற்று காலம் (Siderial Period) (6)
1. புதன் (Mercury)	3·6 கோடி மைல்கள்	0.387	மைல்கள் 3008.5	விநாடிக்கு 29·7 மைல்	87·97 நாள்கள்
2. சுக்கிரன் (Venus)	6·72 ,,	0.723	7575.4	விநாடிக்கு 21·7 மைல்	224·7
3. பூமி (Earth)	9·3 ,,	1·000	7926·7 7900	விநாடிக்கு 18·5 மைல்	365·256
4. செவ்வாய் (Mars)	14 1 ,,	1·523	4215·6	விநாடிக்கு 15 மைல்	1·881 ஆண்டுகள்
5. குரு (Jupiter)	48·3 ,,	5.202	88698 82800	விநாடிக்கு 8.1 மைல்	11·862 ஆண்டுகள்
6. சனி (Saturn)	88·61 ,,	9·538	75060 67200	விநாடிக்கு 6 மைல்	29·458 ஆண்டுகள்
7. யுரேனஸ் (Uranus)	178·3 ,,	19·190	31800	விநாடிக்கு 4·2 மைல்	84·013 ஆண்டுகள்
8. நெப்டியூன் (Neptune)	279·3 ,,	30.057	27800	விநாடிக்கு 3·4 மைல்	164·793 ஆண்டுகள்
9. புளூடோ (Pluto)	367.5 ,,	39·517	3600	விநாடிக்கு 3 மைல்	248·430 ஆண்டுகள்
10. சந்திரன்	2,38,862 மைல்கள்		2160	பூமியைச் சுற்றி ஓடி வரும் வேகம் விநாடிக்கு ·63 மைல்	பூமியைச் சுற்றி வருவதற்கு உண்டான காலம் 27·322 நாள்கள்

கோள்களைப் பற்றிய விவரங்கள்—தொடர்ச்சி

கோளின் பெயர்	ஞாயிற்று வழிச் சுற்று காலம் (Synodic period) (7)	தன்னைத் தானே சுற்றி வருவதற்கு உண்டான காலம் (8)	கோளின் பாதையின் குவிமையப் பிறழ்வு (Eccentricity of the orbit) (9)	பாதையின் தளச் சாய்வு (Inclination of the orbit to the ecliptic) (10)	ஒவ்வொரு கோளுக்கும் உள்ள துணைக் கோள்களின் எண்ணிக்கை (11)	ஒளி திருப்பு திறன் (Albedo) (12)
1. புதன் (Mercury)	115·9 நாள்கள்	88	·2 05	7°	0	·07
2. சுக்கிரன் (Venus)	584 ,,	—	·006	3° 23′	0	·59
3. பூமி (Earth)	—	23 மணி 56 நிமிடம் 4 செ.	·016	—	1	·45
4. செவ்வாய் (Mars)	780 நாள்கள்	24 மணி 37 நிமிடம்	·093	1° 51′	2	·15
5. குரு (Jupiter)	399 ,,	9மணி 50 நிமிடம்	·048	1° 18′	12	·5
6. சனி (Saturn)	378 ,,	10 மணி 14 நிமிடம்	·055	2° 30′	9	·6
7. யுரேனஸ் (Uranus)	369·7 ,,	10 மணி 48 நிமிடம்	·047	0° 46′	6	·6
8. நெப்டியூன் (Neptune)	367·5 ,,	15 மணி 48 நிமிடம்	·008	1° 46′	2	·7
9. புளூடோ (Pluto)	366·7 ,,	—	·248	17° 8′	0	—
10. சந்திரன்			·055	5° 8′ 40″	—	·07

கோள்களைப்பற்றிய விவரங்கள்—தொடர்ச்சி

கோள்கள்	நிறை (பூமி = 1)	கனஅளவு (பூமி = 1)	மேற்புறக் கவர்ச்சி (Surface gravity) (பூமி = 1)	பொருள் அடர்த்தி (Density) (தண்ணீர் = 1)	மேற் பரப்பில் மீப்பெரு வெப்ப நிலை	ஈர்ப்பு சக்தியை மீறி வெளியேறத் தேவையான வேகம் மை/நொடி
புதன்	·04	·06	·27	3·8	410°C	2·6
சுக்கிரன்	0·83	0·88	·85	5·2	55°C?	6 3
பூமி	1	1	1	5·5	35°C	7
செவ்வாய்	0·11	0·15	.38	4 0	29·5°C	3·1
குரு	318·4	1312	2·64	1·3	—129°C	37
சனி	95·2	763	1·17	0·7	—151°C	22
யுரேனஸ்	14·6	64	0·92	1·3	—190°C	13
நெப்டியூன்	17·3	42	1·40	2·2	—217°C	16
புளூட்டோ	?	?	?	?	—240°C	?
சந்திரன்	.0123					

குறிப்பு:—ஒரு கோளின்மீது விழும் மொத்தச் சூரிய ஒளியில் எப் பகுதியை அது எல்லாத்திசைகளிலும் பிரதிபலிக்கிறதோ, அதைக் குறிக்கும் பின்னம் அந்தக் கோளின் ஆல்பிடோ எனப்படும். ஆகவே, ஆல்பிடோ (Albedo) என்பது ஒளி பிரதிபலிக்கும் தரம் எனலாம்.

ஒரு பொருளின்மீது சூரியனது ஒளி விழும்போது அதில் ஒரு பகுதி பிரதிபலிக்கப்படுவதை நாம் அறிவோம். இவ்வாறு பிரதிபலிக்கப்படும் பகுதி பிரதிபலிக்கும் பரப்பைப் பொறுத்து அதிகமாகவோ குறைவாகவோ இருக்கும். மேலும் அதன் அளவு பரப்பின் தன்மையைப் பொறுத்தும் வேறுபடுகிறது. தூய வெண்பனி நூற்றுக்கு 75 பங்கைப் பிரதிபலிக்கிறது. மேகங்கள், நூற்றுக்கு அறுபது பங்கைப் பிரதிபலிக்கின்றன. இதை விஞ்ஞான பரிபாஷையில் வெண்பனியின் ஆல்பிடோ எழுபத்தைந்து என்றும் மேகங்களின் ஆல்பிடோ அறுபது என்றும் கூறுவார்கள். தசம பின்னமாகக் கூறுவதும் உண்டு.

ஒரு கோளுக்குக் காற்று மண்டலம் இருக்கிறதா என்ற விவரத்தை அதன் ஆல்பிடோ எண்ணைக் கொண்டு நிர்ணயிக்கலாம். புதனின் ஆல்பிடோவின் மதிப்பிலிருந்து புதனில் காற்று மண்டலம் இல்லை என்று தெரிகிறது.

நட்சத்திரங்களின்

27 நட்சத்திரங்கள், 12 இராசிகள், அவற்றில்

நட்சத்திரங் களின் பெயர் (1)	ஆங்கிலம் அல்லது இலத்தீன் பெயர் (2)	நட்சத் திரங் களின் எண் ணிக்கை (3)	தோற்றம் (4)	எந்த இராசியின் பகுதி (5)
அசுவனி	β Arietis	3	குதிரைத் தலை	மேடம்
பரணி	41 Arietis	3	முக்கோண அடுப்பு	மேடம்
கிருத்திகை	Pleaides	6	கத்தி, தீபம், சுவாலை, கற்றை	மேடமும் ரிடபமும்
உரோகிணி	Aldebaran	5	சகடம்	ரிடபம்
மிருகசீரிடம்	λ Orionis	8 } 3 }	மான் தலை, தேங்காய்க்கண்	ரிடபமும், மிதுனமும்
திருவாதிரை	Betelgeuse (α Orionis)	1	மணி, பவழம்	மிதுனம்
புனர்பூசம்	Pollux	5	ஓடம், வில், கூரை வீடு	மிதுனமும், கடகமும்
பூசம்	Castor	3	அம்பு, கயிறு, புடலம் பூ, பிடி வைத்த ஆடி	கடகம்
ஆயில்யம்	α Cancer	6	குயவன் சக்கரம், சாய்ந்த கல்	கடகம்
மகம்	Regulus (α Leonis)	5	பல்லக்குக் கொம்பு வீடு, நுகம்	சிம்மம்
பூரம்	δ Leonis	2 } 8 }	கட்டில் கால்	சிம்மம்

அட்டவணை

உள்ள ஒளிமிக்க நட்சத்திரங்கள்

இராசிகள் (Signs) (6)	இராசிகளில் உள்ள நட்சத்திரங்கள் (7)	மிக்க ஒளி வீசும் நட்சத்திரத்தின் ஒளித்தரமும், ஒளியாண்டுத் தூரமும் (8)
மேடம் (Aries-Ram)	அசுவனி, பரணி, கிருத்திகை முதற் பாதம்	
ரிடபம் (Taurus-Bull)	கிருத்திகை 2, 3, 4 பாதங்கள் உரோகிணி, மிருகசீரிடம் 1, 2 பாதங்கள்	உரோகிணி (Aldebaran) 1·06 ; 53 ஒளியாண்டு
மிதுனம் (Gemini-Twins)	மிருகசீரிடம் 3, 4 பாதங்கள் திருவாதிரை, புனர்பூசம் 1, 2, 3 பாதங்கள்	திருவாதிரை (Betelgeuse) (α Orionis) ·92 ; 300 ஒளியாண்டு
கடகம் (Cancer-Crab)	புனர்பூசம் 4ஆம் பாதம், பூசம், ஆயில்யம்	புனர்பூசம் (Pollux) 1·21; 29 ஒளியாண்டு
சிம்மம் (Leo-Lion)	மகம், பூரம், உத்திரம் முதல் பாதம்	மகம் (Regulus) 1·34; 67 ஒளியாண்டு

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
உத்திரம்	Denebola (β Leonis)	2 15	கட்டில், கட்டில் கால் யானைக் கொம்பு	சிம்மமும் கன்னியும்
அஸ்தம்	Delta corir	5	கைத்தலம்	கன்னி
சித்திரை	Spica (α Virginis)	1	முத்து, சிறு கிளை	கன்னியும் துலாமும்
சுவாதி	Arcturus (α Bootis)	1	மணி, பவழம், சிறிய கத்தரிக் காய்	துலாம்
விசாகம்	Librae	5	வட்டம், சக்கரம் தோரண வாயில், கமான்	துலாமும், விருச்சிகமும்
அனுஷம்	δ Scorpii	4	கையில் பிடித்த குடை, வரிசை யாக இட்ட பிண்டம், வில்	விருச்சிகம்
கேட்டை	Antares (α Scorpii)	3	மோதிரம், கையில் பிடித்த குடை ஈட்டி,	விருச்சிகம்
மூலம்	λ Scorpii	11	பாயும் சிங்கம்	தனுசு
பூராடம்	δ Sagittari	2	கட்டில் கால், கட்டில், யானைக் கொம்பு இரட்டைச் சதுரம்	தனுசு
உத்திராடம்	σ Sagittari	2 8	கட்டில் கால், முக்கோணம்	தனுசும், மகரமும்
திருவோணம்	Altair (α Aquilae)	3	மூன்று அடி	மகரம்
அவிட்டம்	α Delphini	5	மத்தளம், கஞ்சிரா	மகரமும் கும்பமும்
சதயம்	λ Aquarius	100	வட்டம்	கும்பம்
பூரட்டாதி	α Pegasus	2 15	கட்டில் கால்	கும்பமும் மீனமும்
உத்திரட்டாதி	α Andromeda	2 8	கட்டில் கால்	மீனம்
ரேவதி	η Piscium	32	கஞ்சிரா, மீன்	மீனம்

(6)	(7)	(8)
கன்னி (Virgo-Virgin)	உத்திரம் 2, 3, 4 பாதங்கள், அஸ்தம், சித்திரை 1, 2 பாதங்கள்	சித்திரை (Spica) 1·21 ; 120 ஒளியாண்டு
துலா (Libra-Balance)	சித்திரை 3, 4 பாதங்கள், சுவாதி, விசாகம் 1, 2, 3 பாதங்கள்	சுவாதி (Arcturus) (α Bootes) ·24 ; 33 ஒளியாண்டு
விருச்சிகம் (Scorpio-Scorpion)	விசாகம் 4ஆம் பாதம், அனுஷம், கேட்டை	கேட்டை (Antares) (α Scorpio) 1·22 ; 250 ஒளியாண்டு
தனுசு (Sagittarius Archer)	மூலம், பூராடம், உத்திராடம் முதல் பாதம்	
மகரம் (Capricorn-Sea Goat)	உத்திராடம் 2, 3, 4 பாதங்கள், திருவோணம், அவிட்டம் 1,2 பாதங்கள்	திருவோணம் (Altair) ·89 ; 15·7 ஒளியாண்டு
கும்பம் (Aquarius-Water Carrier)	அவிட்டம் 3, 4 பாதங்கள், சதயம், பூரட்டாதி 1, 2, 3 பாதங்கள்	
மீனம் (Pisces-Fish)	பூரட்டாதி 4ஆம் பாதம், உத்திரட்டாதி, ரேவதி	

நட்சத்திர அட்டவணை

குறிப்பு :

(1) ஒரு நாண்மீன் சூரியவீதியில் $13\frac{1}{3}°$ வில்லாகும்.

(2) ஓர் இராசி $\left(= \frac{27}{14}\right) = 2\frac{1}{4}$ நட்சத்திரங்கள் ஆகும். (அ-து) 30° ஆகும்.

உதாரணமாக மேட இராசியில் அசுவனி, பரணி, கிருத்திகை முதல் பாதம் இடம்பெறுகின்றன. ரிடப இராசியில் கிருத்திகை 2,3,4 பாதங்கள், உரோகிணி, மிருகசீரிடம் 1, 2 பாதங்கள் இடம்பெறுகின்றன. இவ்வாறாக மற்ற இராசிகளில் உள்ள நட்சத்திரங்களும் குறிக்கப்பட்டுள்ளன.

(3) ஒளித்தர எண் குறைய பிரகாசம் அதிகமெனப் பொருளாகும்.

(4) இந்திய வானியலறிஞர்கள் ஓர் ஆண்டைப் பன்னிரண்டு பாகங்களாகப் பிரித்து அவற்றிற்கு இராசிகளின் பெயரை இட்டனர். சூரியன் மேட இராசியில் இருக்கும் காலம் சித்திரை மாதம் எனப்படும். இவ்வாறே பிற இராசிகளிலும் சூரியன் இருக்கும் காலத்தை மற்ற மாதங்களின் பெயர்கள் குறிக்கும்.

மிக்க ஒளி வீசும் நட்சத்திரங்களும் அவை இருக்கும் மீன் மண்டலங்களும்

பெயர்	மண்டலம்	தோற்ற ஒளித்தரம்	சுய ஒளித்தரம்	ஒளி யாண்டுத் தூரம்
சிரியஸ் (Sirius) (α Canis Majoris)	பெருநாய்க் கணம் (Canis Major)	−1·6	+1·3	8·6
அகத்தியர் (Canopus)	காரினே (α Carinae)	−0·86	−3·2	100
α சென்டாரை (α Centaurii)	சென்டாரை (Centaurii)	+0·06	+4·7	4·3
அபிஜித் (Vega) (α Lyrae)	லைரா	0·14	+0·5	26
பெண் ஆடு (Copella) (α Aurigae)	தேரோட்டி (Charioteer) ஆரிகே (Auriga)	0·21	−0·4	42
சுவாதி (Arcturus) (α Bootes)	பூட்டஸ்	0·24	+0.2	33
ரைகல் (Rigel) (β Orionis)	ஓரியன்	0·34	−5·8	540
புரோசியான் (Procyon) (α Canis Minoris)	சிறுநாய்க் கணம் (Canis Minoris)	0·48	+2·9	11·1
ஆச்சர்னர் (Acherne) (α Eriadni)	எரியாட்னி (Eriadni)	0·60	−1·1	70
β சென்டாரை (β Centaurii)	சென்டாரை (Centaurii)	0·86	−2·9	190
திருவோணம் (Altair) (α Aquilae)	கழுகு (Aquilae)	0·89	+2·5	15·7

மிக்க ஒளி வீசும் நட்சத்திரங்களும் அவை இருக்கும் மீன் மண்டலங்களும்

பெயர்	மண்டலம்	தோற்ற ஒளித்தரம்	சுய ஒளித்தரம்	ஒளி யாண்டுத் தூரம்
திருவாதிரை (Betelgeuse) (α Orionis)	ஓரியன் (Orion)	0·92	−3·9	300
விசுவாமித்திரர் (α Crucis	தென் சிலுவை (Southern Cross)	1·05	−2·7	220
உரோகிணி (Aldebaran)	ரிடபம் (Taurus)	1·06	+0.1	53
புனர்பூசம் (Pollux)	மிதுனம் (Gemini)	1·21	+1.5	29
சித்திரை (Spica)	கன்னி (Virgo)	1·21	−1·6	120
கேட்டை (Antares) (α Scorpio)	விருச்சிகம் (Scorpio)	1·22	−3.2	250
ஃபோமல் ஹால்ட் (Fomal hault)	தென் மீன் (Pisces Australis)	1·29	+2·0	23
டெனப் (Deneb) (α Cygni)	சிக்னி (Cygni)	1·33	−4·2	400
மகம் (Regulus)	சிம்மம் (Leo)	1·34	−0·3	67

குறிப்பு : (1) தோற்ற ஒளித் தரம் அடிப்படையில் சிரியஸ் மிகப் பிரகாசமான நட்சத்திரங்களில் முதல் இடம் வகிக்கிறது.

(2) சுய ஒளித்தரம் அடிப்படையில் ரைகல் (Rigel) முதல் இடம் பெறுகிறது.

(3) ஒளிமிக்க நட்சத்திரங்களில் பூமிக்கு வெகு சமீபமாக உள்ளது α சென்டாரை; 4·3 ஒளியாண்டுத் தூரத்தில் உள்ளது.

கலைச்சொற்கள்

A

Aberration (Annual)	—	ஒளிப் பிறழ்ச்சி (ஆண்டியக்க)
Aberration constant of coefficient of	—	ஒளிப்பிறழ்ச்சிக்கெழு (மாறிலி)
Aberration, planetary	—	கோள் ஒளிப்பிறழ்ச்சி
Aberration, diurnal	—	தினசரி ஒளிப்பிறழ்ச்சி
Age of the moon	—	சந்திரனின் வயது
Aldebaran	—	உரோகிணி
Altair	—	திருவோணம்
Altazimuth	—	திசை உயரமானி
Altitude	—	உயரம், கோண ஏற்றம்
Angular diameter	—	கோண விட்டம்
Annular eclipse	—	கங்கண கிரகணம்
Anomaly eccentric	—	மையப் பிறழ்ச்சி
Anomaly true	—	இயல்பு பிறழ்ச்சி
Anomaly mean	—	சராசரிப் பிறழ்ச்சி
Anomalistic year	—	அண்மைநிலை யாண்டு
Antarctic circle	—	தென் துருவ வட்டம்
Apex of earth's way	—	புவிவழிமுனை
Aphelion	—	பூமியின் சேய்மை நிலை (சூரியனிலிருந்து)
Apogee	—	சூரியனின் சேய்மை நிலை (பூமியிலிருந்து)
Apparent midnight	—	தோற்ற நள்ளிரவு
Apparent noon	—	தோற்ற நண்பகல்
Apparent Solar Time	—	தோற்றக் கதிரவன் நேரம்
Apparent Soiar Day	—	தோற்றக் கதிரவன் நாள்
Apse	—	கவியம்
Apse line	—	கவியக்கோடு
Apse distance	—	கவியத் தூரம்
Aquarius	—	கும்பம்
Arctic circle	—	வட துருவ வட்டம்
Arcturus	—	சுவாதி
Area of lune	—	பிறைப் பரப்பளவு
Areal velocity	—	பரப்பு வேகம்
Argo	—	கப்பல் மண்டலம்

Aries — மேடம், மேடராசி
Aries, first point of — மேட முதற் புள்ளி
Asterism (Lunar) — நாள்மீன் (நாளின் நட்சத்திரம்
Asteroid — சிறுகோள், குட்டிக்கோள்
Astronomical mean sun — வானியல் சராசரிக் கதிரவன்
Astronomical refraction — வான ஒளிக்கோட்டம்
Astronomical unit — வானியல் அலகு
Atmosphere — வளிமண்டலம்
Autumnal equinox — இலையுதிர் புள்ளி, இலையுதிர் காலச் சம இரவுப் புள்ளி
Aurora — துருவ ஒளி
Axis polar — துருவ அச்சு
Azimuth of a star — விண்மீனின் அடிவான தூரம்

B

Betelgeuse — திருவாதிரை
Binaries — இணை விண்மீன்கள்
Binaries, eclipsing — மறைக்கக்கூடிய இணை விண்மீன்கள்
Binaries visual — தோற்ற இணை விண்மீன்கள்

C

Calendar — பஞ்சாங்கம், காலக் கணிப்பு முறை
Cancer — கடகம்
Cancer, tropic of — கடகரேகை
Canis major — பெருநாய் மண்டலம்
Canis minor — சிறுநாய் மண்டலம்
Canopus — அகத்தியர்
Capricorn, Tropic of — மகரரேகை
Castor — புனர்பூசம் (மிதுனம்)
Celestial equator — வான நடுவரை
Celestial horizon — அடிவானம், தொடுவானம்
Celestial latitude — வான அகலாங்கு
Celestial longitude — வான நெட்டாங்கு
Celestial meridian — வான உச்சிவரை
Celestial pole — வானத் துருவம்
Celestial sphere — வானக் கோளம்
Chromosphere — நிறமண்டலம், செந்நிறப்புரை, வண்ணப்புரை
Chronometer — கிரீனிச் கடிகாரம்
Circle, great பெருவட்டம்

Circle of position — தலவட்டம்
Circle, small — சிறுவட்டம்
Circumpolar star — மறையா (உதியா) விண்மீன்
Civil time — அமல்நேரம்
Civil year — நிர்வாக ஆண்டு
Comets — வால் நட்சத்திரங்கள், வால் மீன்கள்
Conjunction — ஒருதிசை நிலை
Conjunction, inferior — அண்மை ஒருதிசை நிலை
Conjunction, superior — சேய்மை ஒருதிசை நிலை
Constellation — விண்மீன் மண்டலம்
Corona — ஒளிர் மகுடம்
Corvus — அஸ்தம், காகம்
Crab nebula — நண்டு நெபுலம்

D

Dark nebula — இருண்ட நெபுலம்
Date line (International) — தேதிவரை
Day, mean solar — சராசரிக் கதிரவன் நாள்
Day, siderial — மீன்வழி நாள்
Declination — நடுவரை விலக்கம்
Declination Circle (Hour Circle) — நடுவரைக் குத்துவட்டம்
Diurnal motion — தினசரி இயக்கம்
Diurnal path — தினசரிப் பாதை
Double stars — இரட்டை மீன்கள்
Dwarf stars — குறுமீன்கள்
Dynamical mean sun — இயக்கவிடைக் கதிரவன்

E

Earthshine — புவியொளி, புவி நிலவு
Eccentric angle — மைய அகற்சிக் கோணம்
Eclipse — கிரகணம்
Eclipse, annular — கங்கண சூரிய கிரகணம்
Eclipse, lunar — சந்திர கிரகணம்
Eclipse, partial — பகுதி மறைப்பு, பார்சுவ கிரகணம்
Eclipse, solar — சூரிய கிரகணம்
Eclipse, total — பூர்ண கிரகணம்
Ecliptic — ஞாயிற்றுப் பாதை, சூரியப் பாதை, சூரியவீதி, கதிரவன் தோற்றப் பாதை

Ecliptic limits — கிரகண வரம்புகள்
Elongation — விலக்கம், நீட்சி
Equation of time — காலக் குறை-நிறைச் சமன்பாடு
Equator celestial — வான நடுவரை
Equinox — சம இரவுப் புள்ளி
Equinox vernal — இளவேனிற் புள்ளி
Equinox autumnal — இலையுதிர் புள்ளி
Equinox precession of — சம இரவுப்புள்ளி நகர்ச்சி, மேட முதற்புள்ளி நகர்ச்சி, அயனாம்சம்

G

Galaxy — அண்டம்
Extra galactic — அண்டத்திற்கப்பால்
Gemini — மிதுனம்
Great bear — பெருங்கரடி மண்டலம், சப்த ரிஷி மண்டலம்
Giant Star — பெரிய விண்மீன், மீன் அரக்கன்
Gravitation constant — ஈர்ப்பு மாறிலி
Gravitational field — ஈர்ப்புகளம்

H

Harvest moon — அறுவடை முழுமதி
Heliocentric — சூரிய மைய, கதிரவன் மைய
Heliocentric Theory — சூரிய மையக் கொள்கை
Horizon — தொடுவானம், அடிவானம்
Hour angle — நேரக் கோணம்
Hunter's Moon — வேடுவர் நிறைமதி

I

Indian Standard Time — இந்தியத் திட்ட (நியம) நேரம்
International Date Line — தேதி மாறுவரை, உலகத் தேதி வரை

J

Jupiter — வியாழன், குரு

K

Kepler's Laws — கெப்ளர் விதிகள்

L

Latitude — அகலாங்கு
Leo — சிம்மம்
Libra — துலாம்
Libra point — துலாப் புள்ளி

Libration	—	அசைவு
Light year	—	ஒளியாண்டு
Local Time	—	ஊர்ப்பொழுது
Longitude	—	நெட்டாங்கு
Longitude terrestrial	—	பூமியின் நெட்டாங்கு
Longitude celestial	—	வான நெட்டாங்கு
Lunation	—	மதிமாதம், திங்கள்

M

Magnitude visual	—	தோற்ற ஒளித்தரம்
Magnitude absolute	—	தனி ஒளித்தரம்
Major planets	—	பெரிய கோள்கள் (பூமியைவிட)
Mars	—	செவ்வாய்
Mean noon	—	சராசரிக் கதிரவன் நண்பகல்
Mean sun	—	சராசரிக் கதிரவன்
Mean midnight	—	சராசரிக் கதிரவன் நள்ளிரவு
Mercury	—	புதன்
Meridian	—	உச்சிவட்டம்
Meteor	—	எரிமீன் , வீழ்மீன்
Meteorites	—	விண்கற்கள், ஆகாயக் கற்கள்
Milky way	—	பால்வழி, ஆகாய கங்கை
Minute (angle)	—	கலை (கோணம்)
Minute (time)	—	நிமிடம் (நேரம்)
Mizar	—	வசிட்டர்
Moon, crescent	—	பிறைச் சந்திரன்
Moon, dichotomised	—	அரைச்சந்திரன்
Moon, gibbous	—	குமிழ்ச் சந்திரன்
Motion, (Retrograde)	—	மேற்கு இயக்கம், வலஞ்சுழி இயக்கம்
Motion, uniform	—	சீரான இயக்கம்
Motion of rotation	—	சுழற்சி இயக்கம்

N

Nadir	—	வான நேர்க்கீழ்ப் புள்ளி
Nautical almanac	—	மாலுமிப் பஞ்சாங்கம்
Nebula, diffuse	—	பரந்த நெபுலம்
Nebula, planetary	—	கோள் நெபுலம்
Nebula, spiral	—	சுழல் நெபுலம்
Node	—	கணு, சந்திப்புள்ளி
Node, ascending	—	ஏறுகணு (இராகு)
Node, descending	—	இறங்குகணு (கேது)

Nova — ஒளிர்மீன்

Nutation — அச்சசைவு, அச்சலைவு

O

Occultation — சந்திரனால் விளையும் விண்மீன் மறைவு

Opposition — எதிர்ந்திசை நிலை

P

Parallax, geocentric (Diurnal) — புவிமையத் தோற்றப்பிழை

Parallax Annual Heliocentric — ஆண்டு (கதிரவன்) மையத் தோற்றப்பிழை

Parallactic angle — விண்மீன் இடைக்கோணம்

Partial eclipse — பகுதி (பார்சுவ) கிரகணம்

Pegassus — குதிரை மண்டலம்

Penumbra — குறை நிழல், மென் நிழல்

Perhelion — பூமியின் அண்மைநிலை, (சூரியனிலிருந்து)

Perigee — சூரியனின் அண்மைநிலை (பூமியிலிருந்து)

Period of revolution — சுற்றுகாலம்

Period of rotation — சுழற்சிக்காலம்

Period of totality of an eclipse — சந்திரன் / சூரியன் முழுமறைவுக் காலம்

Periodic — காலவட்ட ஒழுக்குடைய

Perpetual day — முற்றும் பகல்காலம்

Perpetual night — முற்றும் இரவுக்காலம்

Phase — நிலை, பிறை, கலை

Photosphere — ஒளிப்புரை

Pisces — மீனம்

Planets inferior — உட்கோள்கள்

Planets superior — புறக்கோள்கள்

Planets major — பெருங்கோள்கள்

Planetoids — சிறுகோள்கள்

Pleiads — கிருத்திகை

Polaris — துருவ விண்மீன்

Pollux — புனர்பூசம் (மிதுனம்)

Precession of equinoxes — சம இரவுப் புள்ளிகளின் பின்னகர்ச்சி

Primary circle — முதனிலை வட்டம்

Prime vertical — மூலக் குத்து வட்டம்

Pulsating stars — விட்டுவிட்டொளிரும் மீன்கள்

Q

Quadrature — அரைப்பிறைநிலை

R

Radiant point — கதிர்வீச்சுமுகம்
Regression — பின்னடைவு, பின்னகர்ச்சி
Retrograde — வக்கிரம், பிற்போக்கு
Right ascension — வல ஏற்றம்
Rings of Saturn — சனியின் வளையங்கள்

S

Sagittarus — தனுசு
Saros — சாராஸ் காலவட்டம்
Satellite — துணைக்கோள்
Scorpio — விருச்சிகம்
Second (angle) — விகலை
Second (time) — விநாடி
Secondary — துணைக் குத்துவட்டம்
Semi axes — அரை அச்சுகள்
Shadow cone — நிழற் கூம்பு
Shooting Stars — வீழ்மீன்கள், எரிமீன்கள்
Siderial period — மீன்வழிக் காலவட்டம்
Siderial time — மீன்வழிக்காலம்
Solar flares — கதிரவனின் தீக்கொழுந்துகள்
Solar spectrum — கதிரவனின் நிறமாலை
Solstice — கதிரவன் திருப்பநிலை
Solstice summer — கோடைத் திருப்பநிலை
Solstice winter — மாரித் திருப்பநிலை
Standard time — நியம (திட்டமான) நேரம்
Star,evening — மாலை விண்மீன்
Star, morning — காலை விண்மீன்
Star of first magnitude — முதல்தர விண்மீன்
Sub Solar Point — கதிரவன் நேர்க்கீழ்ப் புள்ளி
Sub Stellar Point — விண்மீன் நேர்க்கீழ்ப் புள்ளி
Sub Lunar Point — சந்திரன் நேர்க்கீழ்ப் புள்ளி
Sun Dial — நாழிகைக்கோல்
Sun prominences of — சூரியன் சுடர்க்கொழுந்துகள்
Sun spot — கதிரவன் கறை
Sun spot cycle — கதிரவன் கறைக் காலவட்டம்

T

Taurus — காளை, ரிடபம்

Telescope refracting — ஒளிக்கோட்டத் தொலைநோக்கி
Telescope reflecting — ஒளித்திருப்பு தொலைநோக்கி
Tide spring — வேனில் அலை
Tide near — மட்ட அலை
Temperate zone — மித சீதோஷ்ண மண்டலம்
Time local — ஊர்ப்பொழுது
Time standard — நாட்டு நேரம்
Time civil — அமல் நேரம்
Time zonal — மண்டல நேரம், சமநேர மண்டலம்
Torrid zone — வெப்பமண்டலம்
Transit — உச்சிகடத்தல்
Twilight — மெல்லொளி
Twilight morning — வைகறை மெல்லொளி
Twilight evening — அந்தி மெல்லொளி

U

Umbra — கருநிழல்
Universe — பேரண்டம், பிரபஞ்சம்
Ursa major — பெருங்கரடி மண்டலம்

V

Venus — வெள்ளி
Vernal equinox — இளவேனிற்புள்ளி
Vertex — உச்சி
Vertical — குத்துவட்ட
Virgo — கன்னி

Y

Year, civil — நிர்வாக ஆண்டு
Year, leap — நெட்டாண்டு
Year, mean solar — சராசரிக் கதிரவன்வழி ஆண்டு
Year, siderial — மீன்வழி ஆண்டு
Year, tropical — பருவ ஆண்டு

Z

Zenith — வான உச்சி, நேருச்சிப்புள்ளி
Zenith distance — உச்சித்தூரம்
Zodiac — கதிரவன்வீதி, இராசிச் சக்கரம்
Zodiac Signs and Constellations — இராசி உருவங்கள், மீன் கூட்டங்கள்
Zodiacal light — கதிரவன் வீதி எழிலொளி

தமிழ்நாட்டுப் பா

சென்னை-6

*

தமிழில் பயில்பவர்க்குக் க
(Tamil Medium Bo

1980 ஏப்ரல் முடிய 899 நூல்கள் வெளி

*

மேலும் விரைவில் வெளிவருபவை

அகராதியியல்	—	1
இயற்பியல்	—	3
கணிதவியல்	—	1
கல்வியியல்	—	2
தாவரவியல்	—	1
புவியியல்		1
பொருளியல்	—	2
மருத்துவவியல்		1 ,,
வணிகவியல்	—	1 ,,
வானியல்	—	1 ,,

கிடைக்குமிடங்கள் :

1. தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனக் கிடங்கு
விக்ரம் சாராபாய் மின்னணு வளாகம்,
புலனைக வாராவதி, திருவான்மியூர்,
சென்னை-600 041.

2. தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்
62, ஸ்பர் டாங்க் சாலை, சேத்துப்பட்டு,
சென்னை-600 031.

கிடங்கில் வாங்குவோர்க்கு 20% தழிவு வழங்கப்படும்.
பாடநூல் நிறுவனத்தில் ,, 10% ,, ,,